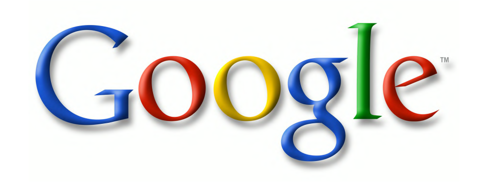
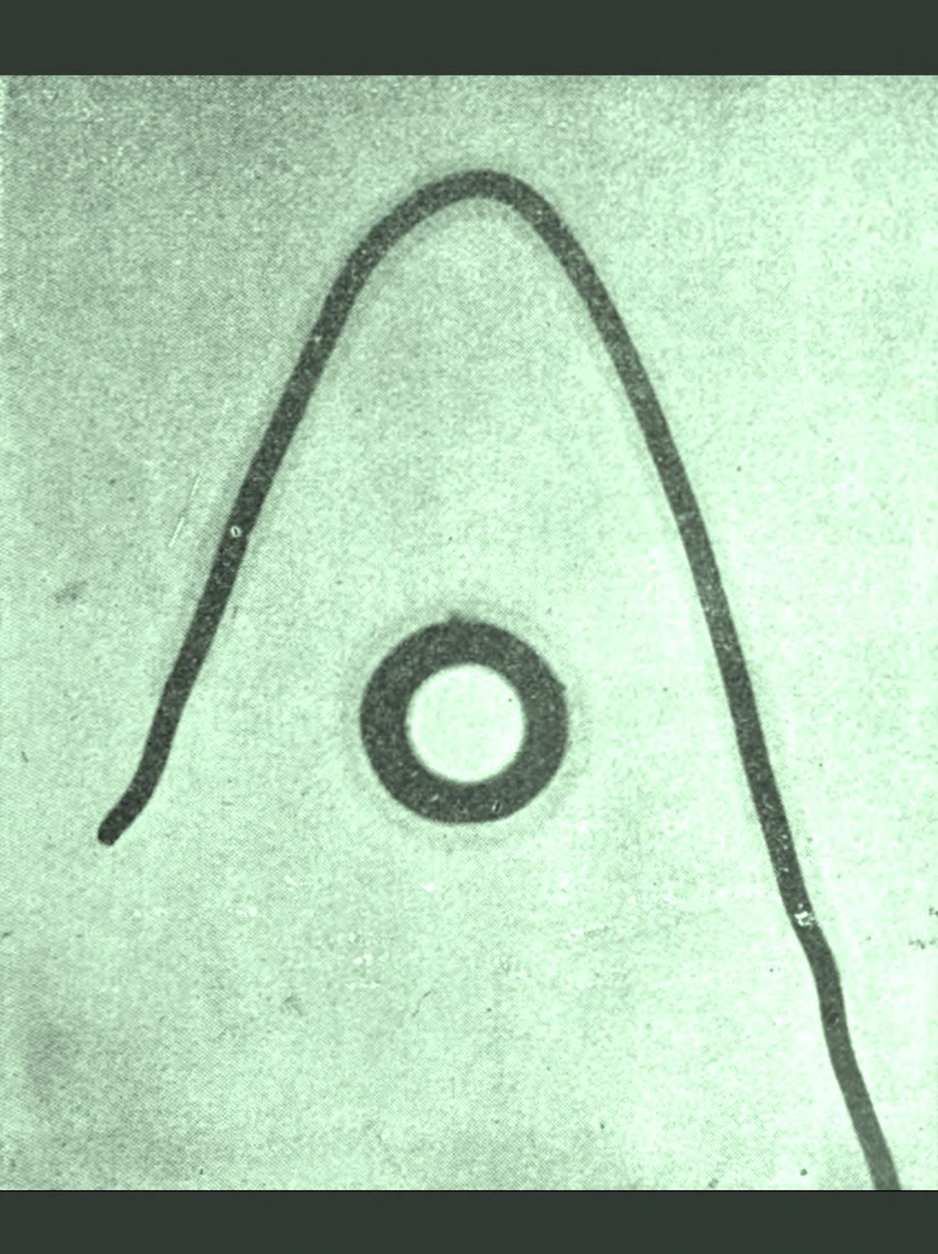




Annales télégraphiques




Annales
3-V

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

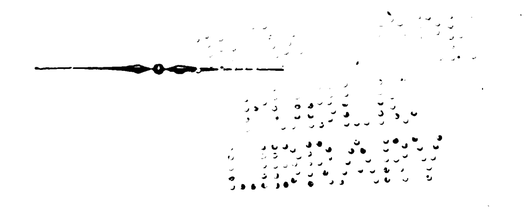
La publication des Annales télégraphiques ayant dû être suspendue en 1896, le service des abonnés qui avaient payé leur cotisation pour ladite année sera fait en 1897.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

—

TOME VINGT-TROISIÈME



PARIS

P. VICQ-DUNOD ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

—

1896-1897

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 Janvier-Février

NOTES

SUR LE

SERVICE TÉLÉPHONIQUE EN ALLEMAGNE (*)

EXPLOITATION.

Dans mon étude j'adopterai l'ordre suivant :

Je m'occuperai d'abord de l'abonné, puis du service des agents du bureau central, pour traiter en dernier lieu de la surveillance, du contrôle et de la comptabilité.

Abonnement à un réseau téléphonique. — Pour obtenir un abonnement à un réseau téléphonique allemand, le pétitionnaire doit formuler sa demande sur un imprimé spécial.

A cet imprimé est jointe une déclaration par laquelle

(*) Fin 1895.

le propriétaire de l'immeuble doit autoriser l'administration à faire dans et sur l'immeuble tous les travaux nécessaires. L'Office allemand exige cette autorisation parce qu'il n'est armé d'aucune loi à cet égard; et, pour l'obtenir plus facilement, il l'impose comme condition sans laquelle il n'accorde aucun *abonnement dans l'immeuble en question.*

La formule d'abonnement comporte l'énonciation par l'abonné des noms et qualités sous lesquels il désire figurer sur l'annuaire du réseau.

L'abonnement, comme l'indique la demande imprimée, comprend deux parties : 1° l'abonnement au réseau local qui donne à l'abonné le droit d'être mis en communication avec les autres abonnés du même réseau moyennant le paiement d'une somme forfaitaire, et avec les abonnés des autres villes par les circuits interurbains contre le paiement des taxes pour chaque conversation;

2° L'abonnement au service des faubourgs et de la banlieue qui comporte un abonnement supplémentaire.

En règle générale, chaque poste téléphonique se trouve relié par une ligne spéciale avec le bureau central. Cependant la ligne d'un abonné peut desservir *au passage* un second local appartenant *au même abonné* pourvu que ce poste ne soit pas éloigné *de plus de* 500 *mètres* de la ligne qui relie le poste extrême.

On n'admet un nombre supérieur à deux postes ou abonnés desservis par la même ligne que si tous les postes se trouvent dans le même immeuble.

Dans tous les cas, le premier poste traversé par la ligne devra jouer par rapport aux autres le rôle de poste central auxiliaire, d'où il suit que les appels et

le service du bureau central sont faits sur cette ligne de la même façon que sur toutes les autres à l'exclusion d'inverseurs, rappels par inversion et tous autres dispositifs plus ou moins compliqués.

L'abonné reçoit un accusé de réception de sa demande. On lui indique en même temps le montant de sa redevance totale annuelle, en l'avisant qu'on lui fera connaître le moment où les travaux de sa mise en relation avec le bureau central seront terminés.

Tarifs des abonnements et taxes. — Dans tout ce qui va suivre j'admettrai que la valeur du mark est de 1^{fr},25, bien qu'en réalité elle soit variable et un peu moindre (de 1^{fr},23 à 1^{fr},25).

Les principales conditions des abonnements aux réseaux urbains sont détaillées dans un imprimé qui est fourni aux abonnés en même temps que la formule d'abonnement.

Le tarif de l'abonnement au réseau local proprement dit est de 150 marks par an, soit de 187^{fr},50 environ. Ce prix *comprend la fourniture, la pose et l'entretien chez l'abonné de tous les appareils nécessaires, ainsi que la construction de la ligne extérieure.* On voit, combien ce tarif est avantageux pour le public; et on trouve là une des premières raisons, sinon la plus importante, du prompt développement des réseaux allemands.

Pour donner une idée de ce développement remarquable, il me suffira de rappeler qu'en 1895 le réseau de Berlin comprenait 28.000 abonnés, celui de Hambourg 10.000. Et à ces abonnés il faudrait encore ajouter ceux des faubourgs. Le service téléphonique est, d'ailleurs, très répandu dans toute l'Allemagne,

où un grand nombre de réseaux, bien que d'ordre secondaire, sont cependant assez importants pour être munis de commutateurs centraux *multiples* de divers systèmes.

La simplicité des formalités constitue d'autre part un puissant encouragement à s'abonner.

L'abonné est responsable des appareils qui sont prêtés et installés chez lui par l'administration.

Le déplacement des appareils est effectué au frais de l'abonné.

Lorsque le local à relier est à une distance du bureau central supérieure à 5 kilomètres, *comptés à vol d'oiseau*, l'abonnement principal est majoré d'une somme proportionnelle, calculée à raison de 3 marks par hectomètre ou fraction d'hectomètre au-dessus de 5 kilomètres.

Dans aucun cas, la ligne de raccordement ainsi établie ne doit pénétrer dans le périmètre d'un autre réseau.

Pour tout poste téléphonique intermédiaire, situé dans un immeuble distinct, l'abonnement annuel est, comme pour le premier, de 150 marks.

Pour un poste supplémentaire situé dans le même immeuble, rattaché par le même fil principal, et desservant des abonnés distincts, *figurant à part sur la nomenclature*, l'abonnement annuel est de 50 marks par poste supplémentaire, avec un minimum de surtaxe de 100 marks par an, pour chaque immeuble.

Lorsque ce poste supplémentaire est destiné au même abonné principal, l'abonnement annuel est de 20 marks si le nouvel appareil est placé dans *le même bâtiment*, et de 50 marks s'il est situé dans le même

bien-fonds, mais, dans un autre immeuble, dont le rattachement exige la pose d'un fil extérieur.

Le taux de l'abonnement aux communications entre une grande ville et ses faubourgs munis d'un réseau téléphonique s'élève à 50 marks par an. Il donne le droit à l'abonné, qui acquitte cette annuité, non seulement de communiquer avec un abonné quelconque du réseau voisin, mais encore d'être appelé par un de ces abonnés qui n'aurait pas souscrit cet abonnement spécial, sans que ni l'un ni l'autre ait à verser de ce chef une taxe quelconque.

Les diverses conditions de ces communications de grande ville à faubourg, et *vice versâ*, font l'objet d'une autre notice qui est également mise à la disposition des abonnés. Je mentionnerai simplement que dans le cas où aucun des deux correspondants n'est abonné à ces communications, celui qui a appelé est redevable d'une taxe de 50 pfennigs ($0^m,50$). La durée de la conversation afférente à cette taxe est de trois minutes.

Cette limite de temps est même imposée à toutes les autres communications lorsqu'il y a des demandes en instance.

Taxes des cabines publiques. — Les communications par les cabines publiques donnent toujours lieu à une taxe, que la personne soit abonnée ou non.

La taxe est de 25 pfennigs pour les conversations entre une grande ville et ses faubourgs; pour les communications interurbaines, les taxes sont celles des lignes demandées.

Taxes des conversations interurbaines. — Les mêmes



taxes sont perçues pour les conversations interurbaines émanant soit des postes d'abonnés, soit des cabines publiques.

Elles sont uniformément fixées à 50 pfennigs ($0^{fr},62$) pour les petites distances, et 1 mark ($1^{fr},25$) pour les grandes, par trois minutes de communication.

Les petites distances sont celles de 30 kilomètres et au-dessous; les grandes sont toutes celles qui dépassent 30 kilomètres. Ces distances sont *toujours comptées à vol d'oiseau, ou en ligne droite sur la carte.*

La durée unitaire de trois minutes, indivisible quant à la taxe, est également applicable à toutes les communications taxées. Elle ne peut être prolongée sans interruption que dans le cas où aucune autre demande n'est en instance.

La durée de la conversation se compte à partir du commencement de l'entretien des intéressés. Le contrôle de cette durée est exercé par le bureau central qui a reçu, le premier, la demande de communication.

La modicité des taxes interurbaines et l'uniformité du tarif sont deux nouvelles raisons qui expliquent largement le développement du service téléphonique en Allemagne.

Prévoyant les encombrements, l'administration allemande admet des conversations dites urgentes qui obtiennent la priorité sur les autres et qui sont frappées d'une taxe égale au triple de la taxe ordinaire.

Dans les relations interurbaines, chaque communication demandée et annoncée, mais qui n'est pas réalisée sans que l'empêchement provienne du fait de l'Administration, est frappée de la taxe réglementaire au compte de la personne qui a demandé la communication. Tels sont les cas suivants :

1° Lorsque le correspondant demandé, malgré la liaison correcte, ne répond pas à l'appel ou refuse de s'engager dans une conversation;

2° Lorsque le demandeur renonce à l'entretien, ou lorsqu'il ne répond plus au moment où la communication a été établie.

Cette règle, relative à la taxation, est appliquée non seulement aux communications interurbaines, mais encore à toutes celles qui donnent lieu à la perception d'une taxe. La modicité de ces taxes justifie, d'ailleurs, amplement cette mesure qui paraît être reconnue comme bonne et logique par le public allemand.

Nous avons vu ci-dessus qu'il n'y a, dans le service allemand, que deux catégories de taxes, très modiques d'ailleurs, pour des conversations interurbaines; celles de 50 pfennigs pour les petites distances, c'est-à-dire pour les distances ne dépassant pas 30 kilomètres, et 1 mark pour les distances supérieures; on ne saurait trop en louer la modicité en même temps que la simplicité.

Nous avons vu aussi que les distances étaient évaluées à *vol d'oiseau* entre les deux postes centraux *interurbains*.

Cette façon de compter supprime toute ambiguïté.

En Allemagne, contrairement aux abonnements qui sont perçus d'avance, les sommes dues pour les communications taxées ne donnent lieu au versement d'aucune provision.

A la fin de chaque mois, l'abonné reçoit un décompte des sommes dues, et il est invité à verser le total dans un délai de quatre jours. Si le réglement n'a pas eu lieu au plus tard le 10 du mois suivant, le nouveau *crédit* ouvert à l'abonné est arrêté.

L'abonné qui, pour une raison motivée, demande à

ajourner son versement, accepte par là même comme exacts les chiffres donnés par le bureau central.

Télégrammes téléphonés. — L'office allemand admet les télégrammes téléphonés.

Cartes postales téléphonées. — Il admet en outre les cartes postales que l'abonné dicte à son bureau central et qui sont immédiatement remises à la poste; ou encore des correspondances à acheminer par exprès.

Pour toutes ces communications acheminées par le télégraphe ou par la poste, et pour lesquelles le téléphone sert d'intermédiaire, il est perçu dans chaque cas :

1° Une taxe fondamentale de 10 pfennigs, quel que soit le nombre de mots;

2° Une taxe de 1 pfennig par mot;

3° Enfin les taxes réglementaires des télégrammes, cartes postales et correspondances par exprès.

En ce qui concerne les télégrammes téléphonés, qui ont seuls leur analogue en France, nous remarquerons que l'Administration allemande frappe la transmission ou la réception téléphonique, ce qui n'a pas lieu chez nous, d'une taxe supplémentaire qui répond bien à un supplément de travail et à un service spécial.

Ces taxes, dont il vient d'être question, sont perçues à la fin de chaque mois, comme les taxes interurbaines, ou encore aussitôt qu'elles atteignent le chiffre de 10 marks.

Toutes les sommes à percevoir donnent lieu à une comptabilité unique, évitant les pièces et versements multiples.

Nomenclatures des abonnés. — Les nomenclatures des abonnés des divers réseaux téléphoniques de l'Empire sont rédigées, publiées et tenues à jour par les différentes directions régionales supérieures. La rédaction, la publication et la mise à jour n'en sont donc pas centralisées à l'administration de Berlin; mais celle-ci a indiqué dans l'instruction sur le service téléphonique les divers éléments prévus pour en assurer la clarté et l'uniformité. Il suffirait de se reporter à cette instruction pour avoir une idée exacte de la forme et des avantages de cette nomenclature. Je me contenterai d'en signaler les points principaux.

Elle ne comprend qu'une seule liste alphabétique des abonnés du réseau local et des réseaux des faubourgs ou de la banlieue. Chaque nom est précédé du numéro ou de l'indice du bureau central auquel l'abonné est relié, et du numéro que cet abonné occupe dans le poste central qui le dessert. Ces deux indications sont nécessaires pour le mode d'exploitation des réseaux allemands, ainsi que nous le verrons ci-après.

En règle générale, chaque abonné ne figure qu'une seule fois dans la nomenclature; exception à cette règle peut être faite seulement dans le cas où le nom de l'abonné n'est pas identique à sa raison sociale telle qu'elle figure au dictionnaire commercial. Mais, en aucun cas, un même poste d'abonné ne peut figurer plus de deux fois dans la nomenclature.

L'administration allemande admet que les mentions et adresses des abonnés soient suivies de l'indication des heures pendant lesquelles ils peuvent être appelés, si, d'une façon régulière, il existe des heures où personne ne se trouve dans leurs postes pour les desservir. Cette indication est aussi avantageuse pour le

Service que pour les abonnés, parce qu'elle évite des appels inutiles et des pertes de temps pour les bureaux centraux comme pour les abonnés.

Ce qui précède explique pourquoi les nomenclatures allemandes ont pu être réalisés sous un format très réduit et condensé.

Ainsi, la nomenclature de Berlin, avec les réseaux des faubourgs, n'a que 500 pages pour 28.000 noms environ; de même celle de Hambourg, avec sa banlieue, ne contient que 260 pages à peine, pour plus de 10.000 noms.

Un exemplaire de cette brochure est délivré gratuitement pour chaque ligne d'abonné, ainsi que pour chaque poste intermédiaire ou supplémentaire lorsque la ligne en comporte.

Chaque nomenclature indique en préface toutes les conditions d'abonnement, de taxes, ainsi que les localités de la banlieue reliées au réseau principal, les cabines publiques et les réseaux extérieurs avec lesquels on peut demander la communication. Cette préface comprend aussi une instruction assez concise pour l'usage des appareils chez les abonnés, avec l'indication des règles de service que l'administration impose d'une façon rigoureuse sous peine de *suspension ou de suppression* de l'abonnement par l'administration centrale, sur la proposition de la direction régionale.

Nous allons dire quelques mots de ces règles de service.

Règles de service pour l'usage des appareils d'abonnés. — En commençant, je rappellerai que la clé ou le bouton d'appel chez l'abonné se trouve monté sur la ligne avant les appareils proprement dits : il s'en-

suit que l'abonné peut appeler dans n'importe quelle position de ces appareils et particulièrement lorsqu'il se trouve dans la position d'écoute.

Aussi l'instruction prescrit-elle de décrocher tout d'abord les téléphones récepteurs et, pour appeler le bureau central, de presser sur le bouton d'appel ou bien de tourner la manivelle de l'appel magnétique, suivant que cet appel se fait par une pile ou par une petite machine magnéto-électrique.

De cette façon, l'abonné est prêt à transmettre sa demande dès que le bureau central lui aura répondu *verbalement* : « Ici bureau n° N. ». Si le correspondant demandé est relié au même central que le demandeur — renseignement que fournit la nomenclature — l'abonné se contente de donner le numéro, 2.345 par exemple, que lui a également indiqué la même nomenclature ; et, la téléphoniste lui ayant répondu : « Veuillez appeler » après avoir établi la connexion, il manœuvre son appareil d'appel, jusqu'à ce que son correspondant lui ait répondu.

Dans le cas contraire, il demande par son numéro le poste central qui dessert le correspondant demandé. La téléphoniste établit, au moyen d'une ligne auxiliaire, la liaison avec le second bureau central, et lui dit : « Veuillez appeler ». C'est alors le demandeur qui doit sonner le second central intermédiaire, et celui-ci s'annonce à l'appel : « Ici bureau n° N. ».

Il reçoit la demande de l'abonné qui se contente de lui donner, comme dans le premier cas, le numéro du correspondant ; mais alors, pour éviter des malentendus, et surtout des difficultés techniques que je signalerai dans une autre partie de cette étude, c'est le dernier central intermédiaire qui doit appeler l'abonné extrême.

Dans les deux cas, on voit que l'abonné, par la disposition indiquée, est prêt à rappeler dès que le premier central l'y invite, de même qu'il est prêt à répondre à n'importe quelle interpellation verbale, puisqu'il peut et doit conserver toujours un des écouteurs à l'oreille.

L'abonné peut en outre, rappeler facilement au cours d'une conversation sans remettre les téléphones au crochet ; enfin, les bureaux centraux sont détournés de l'usage des réponses par sonnerie, qui sont rigoureusement réservées aux cas de nécessité absolue, par exemple à la suite d'une fausse manœuvre de l'abonné : celui-ci ne sera disposé, en effet, à prendre et conserver ses récepteurs à l'oreille, pour entrer immédiatement en conversation ou recevoir les indications verbales du bureau, que s'il est absolument certain de ne pas recevoir dans les oreilles les effets des décharges électritriques très désagréables du poste central.

D'une façon générale, il est évident qu'on ne peut exiger du public l'observation d'un règlement qu'à la condition que les agents soient les premiers à l'observer.

Sous ce rapport, il m'a semblé que la discipline des abonnés allemands ne laissait rien à désirer, parce que celle des agents est soumise à une surveillance sévère. Aussi l'instruction sur le service téléphonique, sans crainte de soulever de justes critiques, peut-elle prescrire aux agents du bureau central chargés du contrôle de veiller à la stricte exécution du règlement de la part des abonnés. Elle les oblige, par contre, à donner à ces derniers des indications complètes et, au besoin réitérées. Les abonnés qui persisteraient à ne pas se conformer au règlement, après plusieurs invitations successives, sont signalés à la direction régio-

nale ; celle-ci les prévient, s'il y a lieu, que l'administration déclinera toute responsabilité pour les conséquences d'une manipulation irrégulière des appareils ou de la non-observation des réglements. Remarquons, néanmoins, que les avis comminatoires de l'espèce ne doivent jamais émaner du bureau central lui-même. Quant à la sanction, elle réside, comme je l'ai dit, dans la suspension ou même la suppression complète de l'abonnement qui peut être prononcée par l'administration centrale.

Je ne crois pas qu'il convienne de recommander, pour le moment, du moins, l'appel de l'abonné demandé ou du second central intermédiaire par le demandeur lui-même. Il y a dans cette procédure une économie de temps à peu près nulle en regard d'inconvénients divers : en effet, cet appel peut être fait par la téléphoniste elle-même pendant le temps qu'elle met à inviter son abonné à appeler lui-même, et on évite ainsi de troubler inutilement le service du bureau central par la chute intempestive et répétée des annonciateurs de fin sous l'action des appels ordinaires des abonnés.

D'ailleurs, le bureau central est très souvent obligé d'intervenir pour effectuer lui-même cet appel : c'est-à-dire toutes les fois qu'un premier central est déjà intervenu pour établir sur une des lignes auxiliaires la communication demandée. Il s'ensuit qu'une telle règle, qui vise non-seulement les téléphonistes mais encore le public, cesse d'être justifiée par ce fait qu'elle est exposée à de nombreuses exceptions.

Il n'y a au contraire qu'une approbation sans réserve à donner à l'appel au numéro ; car il est bien évident que ce procédé supprime toute hésitation de la

part de la téléphoniste, et permet même d'employer un personnel qui n'aurait pas l'habitude du réseau. Le procédé d'appel au nom exige, au contraire, une connaissance détaillée de la ville ou tout au moins de la région desservie par le poste central; et lorsque les abonnés desservis par ce bureau représentent un millier d'adresses différentes il n'est pas possible d'éviter beaucoup de moments perdus, et de nombreuses erreurs. Il est donc de l'intérêt des abonnés eux-mêmes de leur imposer ce mode d'appel à l'exclusion de tout autre.

L'instruction allemande exige que les deux correspondants donnent tous les deux le signal de fin, au moyen de trois émissions de courant successives et rapprochées. Ces trois émissions, lorsqu'elles sont bien faites, permettent au bureau central de distinguer ce signal des appels des abonnés.

Conversations avec les faubourgs. — Dans le service des faubourgs et de la banlieue l'abonné procède comme s'il s'agissait d'un correspondant relié à un bureau central différent du sien.

Conversations interurbaines. — Dans le service interurbain, l'abonné énonce sa demande à son propre bureau central. Il demandera par exemple : « Hambourg, amt VII, n° 1.075, Meister ». La téléphoniste répète, et lui répond qu'elle va appeler. Pendant ce temps, l'abonné suspend ses récepteurs, et se tient prêt à les reprendre au premier appel. On voit par ce qui précède que le demandeur est obligé de donner les renseignements essentiels en ce qui concerne son correspondant, afin d'éviter au bureau destinataire des recherches qu'il ne ferait d'ailleurs pas.

Nous avons vu plus haut que si l'abonné ne répond plus lorsque son correspondant est annoncé ou même si ce dernier refuse de répondre, il est considéré comme ayant renoncé volontairement à la communication, et tenu à payer la taxe comme si la conversation avait eu lieu.

La première de ces deux règles relatives au service interurbain pourrait être appliquée en France dès qu'on y aura généralisé l'appel au numéro dans le service urbain ; quant à la seconde, elle pourrait cependant être essayée au moins pour les communications suburbaines *taxées.*

Services des cabines publiques. — Nous avons déjà vu quelles sont les taxes pour les communications demandées aux cabines publiques : 25 pfennigs (0fr,31) pour le réseau local, cette taxe est exigée de toute personne, même abonnée ; 50 pfennigs (0fr,62) pour les conversations avec les faubourgs, même pour les personnes abonnées ; 50 pfennigs également pour les conversations interurbaines à petite distance et 1 mark (1fr,25) pour toutes les autres distances.

Une triple taxe est due pour les conversations dites urgentes, qui obtiennent la priorité sur les autres.

Les demandes d'admission aux cabines publiques doivent être présentées, non pas oralement mais par écrit sur une formule de télégramme privé, et signées. Cette demande est inscrite dans un registre semblable à celui qui reçoit les inscriptions des télégrammes privés ; et elle suffit avec ce registre pour constituer la comptabilité et le contrôle des taxations correspondantes.

Autant que possible, pour assurer ce contrôle, la

perception de la taxe est effectuée par un employé différent de celui qui gère la cabine; et les formules de demandes sont conservées par un agent différent des deux premiers.

Communications de nuit avec les pompiers. — Les réseaux allemands prennent clôture à neuf heures du soir tant pour le service urbain que pour le service interurbain. Mais l'administration admet, aux conditions suivantes, que les abonnés soient reliés aux postes de pompiers pendant les heures de clôture:

A. *Dans la ville* :

1° Par abonnement:

a) au trimestre, 8 marks = 10 fr.

b) au mois, 3 marks = 3fr,75.

2° Pour les connexions de nuit, qui ne doivent être établies que pendant un petit nombre de nuits ou à des dates fixées:

20 pfennigs = 0fr,25 pour chaque connexion.

B. *Dans les faubourgs* :

1° par abonnement:

a) au trimestre, 10 marks = 12fr,50.

b) au mois, 4 marks = 5 fr.

2° Pour les connexions de nuit, qui ne doivent être établies que pendant un petit nombre de nuits ou à des dates fixées:

25 pfennigs = 0fr,31 pour chaque connexion.

SERVICE DES BUREAUX CENTRAUX.

Les règles de service des bureaux centraux téléphoniques des réseaux allemands sont résumées dans

une instruction spéciale au service téléphonique, dont il a déjà été question.

Je me bornerai à signaler les points qui, dans cette instruction, m'ont paru les plus intéressants.

Manœuvre des appareils. — J'ai déjà dit quelques mots de la manœuvre des appareils à propos des postes d'abonnés ; d'autre part, l'explication de cette manœuvre sera donnée avec beaucoup plus de détails dans la partie technique de cette étude.

Je n'en parlerai ici que d'une façon sommaire au point de vue spécial de l'exploitation courante.

La téléphoniste, à l'appel de l'abonné, se met en communication avec lui, et signale immédiatement sa présence en disant : « Ici bureau N° N » sans aucun « allo », absolument inutile, d'ailleurs, et sans rappel par la pile, généralement intempestif et fâcheux.

L'abonné ayant donné le numéro du correspondant ou du central demandé, la téléphoniste les répète et laisse à l'abonné le temps de rectifier, s'il y a lieu. Elle s'assure que la ligne à prendre est libre, établit la connexion, puis lui répond : « Veuillez appeler ».

Elle n'appellera elle-même que si l'abonné est déjà passé par un premier central intermédiaire.

Si l'abonné demandé n'est pas libre, elle dira : « Déjà occupé, veuillez rappeler dans cinq minutes ».

Lorsque le demandeur doit appeler un second poste central, la téléphoniste du premier bureau ne se retire qu'après avoir entendu le second bureau s'annoncer.

Comme on le voit, les manœuvres sont rapides. Quant aux paroles échangées, elles sont réduites au minimum ; mais elles comprennent néanmoins, pour

éviter des confusions et des malentendus, la répétition des demandes de l'abonné.

Lorsque la communication est terminée, les *deux* abonnés doivent donner le signal de fin de conversation ; mais ce signal peut être confondu avec leurs appels, ou bien les abonnés en question peuvent oublier de le donner. C'est pour parer à ces inconvénients que les multiples sont munis des organes nécessaires à un contrôle spécial dit « de fin de conversation » que je décrirai ultérieurement.

Ce contrôle doit être effectué par la téléphoniste dès qu'elle suppose la communication terminée. Les avantages de ce contrôle sont plus apparents que réels; car un contrôle analogue peut être réalisé, et l'est en effet par l'employée, au moyen du téléphone ordinaire, sans perte de temps, alors qu'il faut un temps appréciable pour abandonner les organes de travail ordinaire et recourir aux accessoires, fiches et clés spéciales servant au contrôle dont il s'agit.

Communications interurbaines. — Pour les communications interurbaines, la téléphoniste, qui a reçu la demande de l'abonné, l'inscrit tout d'abord sur un imprimé ad hoc, et la transmet au poste interurbain de la localité de la façon suivante : « N° 947, Scholz demande Hambourg amt VII, N° 1.075, Meister ». Elle ajoutera « urgente » s'il s'agit d'une communication de l'espèce avec droit de priorité.

Puis elle communique son imprimé au surveillant qui l'inscrit sur un registre spécial. Elle avise de nouveau le même surveillant dès que la susdite communication interurbaine a eu lieu.

Comme on le voit, c'est le premier bureau central

ayant reçu la demande, qui taxe la conversation interurbaine, déchargeant de ce soin le poste interurbain qui n'y suffirait pas ou y perdrait un temps précieux.

Télégrammes, cartes postales et messages téléphonés. — S'il s'agit d'un télégramme de départ, la téléphoniste se borne à en demander la destination à l'abonné, et l'inscrit sur son journal ou son procès-verbal ; puis elle relie le susdit abonné au poste télégraphique qui doit acheminer la dépêche en question.

Pour les télégrammes d'arrivée, cartes et messages, il y a également dans chaque bureau un appareil spécial desservi par un agent qui reçoit ou achemine toutes les communications de l'espèce, après les avoir taxées

Les télégrammes d'arrivée sont, pour confirmation, mis sous enveloppe et adressés par la poste au destinataire.

Comme on le voit, l'administration allemande ne considère pas ces communications comme étant du service téléphonique proprement dit, mais plutôt comme des annexes du télégraphe ou de la poste, puisqu'on ne laisse pas aux agents téléphonistes proprement dits le soin de les acheminer afin de ne pas les distraire de leur service spécial.

Discipline intérieure des bureaux. Salaires, etc. — Le service téléphonique est ouvert à sept heures du matin en été, et à huit heures en hiver ; la clôture a lieu à neuf heures du soir.

Les heures de vacation sont de sept ou huit heures du matin à deux heures du soir et de deux heures à neuf heures trente du soir.

Le service de nuit n'existe ni pour les réseaux urbains, ni pour les lignes interurbaines.

On ne peut rien dire de général sur le recrutement du personnel téléphonique, parce que les modes de recrutement et d'instruction varient suivant les provinces et les États.

Tous les agents, même les chefs de bureaux, ainsi que le personnel féminin, sont astreints à revêtir un uniforme à l'intérieur du bureau.

Les téléphonistes, bien que salariées à la journée, sont commissionnées et considérées comme des fonctionnaires de l'administration, ainsi que l'exprime nettement l'instruction sur le service de ce personnel.

Les salaires de ces téléphonistes sont, en marks et pfennigs, de 2,25, 2,50, 2,75 et 3,00. Ils ne sont soumis à aucune retenue pour la retraite; mais ces employées sont tenues d'adhérer à la caisse postale des malades de la région.

Cette caisse sert aux adhérents, en cas de maladie, les deux tiers du traitement ou du salaire.

Dans les postes centraux, une pièce est aménagée en réfectoire pour permettre aux employées de prendre un repas qu'elles font apporter ou apportent avec elles.

La proportion du personnel manquant pour maladie ou pour toute autre raison, et par suite la proportion du personnel prévu pour les intérims n'atteint pas 3 p. 100. Il est de quatre unités, par exemple, pour un bureau téléphonique tel que celui de l'Oranienburger strasse de Berlin dont le personnel normal est de 150 téléphonistes.

Indépendamment du personnel féminin ordinaire, il y a des surveillants et des surveillantes en nombre

variable suivant l'importance du bureau. Ainsi, dans ce même bureau que je viens de citer, il y a quatre surveillantes et deux surveillants pour 150 téléphonistes.

Avec les commutateurs multiples, le nombre d'abonnés desservis par chaque téléphoniste est de 66 ou de 70 dans les principaux bureaux centraux; ou, d'une façon plus précise, chaque section de multiple desservie par 3 téléphonistes comprend 200 ou 210 numéros suivant le système adopté. Notre matériel technique, mieux conçu et plus perfectionné, nous permet, en France, de donner à chaque téléphoniste, sans surcroît de fatigue, un plus grand nombre d'abonnés à desservir (de 100 à 120).

TAXATIONS, PERCEPTIONS, COMPTABILITÉ.

Exécuter d'abord, complètement et rapidement, le service que le public demande, et, seulement après exécution, inscrire et taxer : tel est le sens de l'instruction sur le service téléphonique, il convient de le rappeler avant de parler des opérations diverses de comptabilité, que l'administration allemande rejette, avec raison, au second plan.

Journal ou procès-verbal. — Dans chaque poste de téléphoniste doit être tenu un journal ou procès-verbal du poste. Les renseignements statistiques n'y sont notés qu'une seule fois par mois. Les principales inscriptions sont relatives aux incidents remarquables, aux changements de service et aux télégrammes téléphonés de départ.

Comptabilité des abonnements et sommes à forfait. — Toutes les sommes dues pour abonnements sont perçues par le bureau qui exécute le service auquel se rapportent les susdits abonnements, et d'après un bordereau dressé par les *directions supérieures* régionales.

Lorsque le bureau téléphonique ou télégraphique ne dispose pas du personnel suffisant de facteurs pour assurer la perception à domicile, les différents bureaux de poste de distribution doivent concourir à cette perception et *remettre* ensuite les *sommes encaissées au bureau téléphonique ou télégraphique*, en un mot au bureau compétent. C'est ainsi qu'à Berlin la perception est assurée par le bureau de poste qui dessert postalement l'abonné.

Taxations et comptabilité des cabines publiques. — Nous avons vu que la taxation des conversations demandées aux cabines publiques s'effectue comme pour les télégrammes ordinaires et sur les mêmes formules; de même la comptabilité en est identique à celle des télégrammes.

Taxations et comptabilité des communications interurbaines. — Comme je l'ai déjà indiqué plus haut, c'est à la téléphoniste, qui reçoit de son abonné la demande de communication interurbaine, qu'incombe le soin de la taxer après l'avoir passée au poste interurbain de la localité.

La taxation est faite au moyen d'une inscription sur une feuille imprimée analogue aux formules de télégrammes de départ. Sur cet imprimé la téléphoniste inscrit les noms et numéros des abonnés appelant et

appelé, la localité extrême, l'heure de la demande, et celle du commencement et de la fin de la conversation.

Chaque conversation nouvelle est inscrite sur une nouvelle feuille du même modèle. Cette feuille est dite feuille de transit ou plus exactement feuille de départ.

La mise en communication d'un abonné demandé de l'extérieur donne lieu à l'établissement d'une feuille analogue dite d'arrivée; mais qui, au lieu de servir de base à la taxation, ne sert ultérieurement qu'à la vérification des feuilles de départ correspondantes par le bureau de départ lui-même, auquel elles sont communiquées, en temps opportun, tous les mois. Aussi, dans tous les postes téléphoniques, ces feuilles sont-elles journellement classées par bureau de départ.

Les feuilles de départ sont, au contraire, classées par abonné; et c'est d'après ces feuilles, contrôlées, au besoin, par les feuilles d'arrivée, que sont établis dans le bureau même les décomptes des taxes dues par chaque abonné pour les conversations interurbaines.

Les recettes effectuées de ce chef sont vérifiées par la direction supérieure au moyen des feuilles de départ et des feuilles d'arrivée.

Nous avons vu, d'ailleurs, que la taxation était contrôlée, au fur et à mesure des demandes, par les surveillants, auxquels ces demandes doivent être signalées dès qu'elles se produisent.

Taxation et comptabilité des télégrammes, cartes postales et messages téléphonés. — Les télégrammes de départ, cartes postales et messages téléphonés sont taxés par l'employé qui dessert le poste spécial chargé de recevoir ou de transmettre ces communications.

Les taxes sont inscrites sur un état où l'on porte la date, l'heure, le numéro de l'abonné, le lieu de destination, la nature de la communication, le nombre de mots, la taxe de notation, la taxe d'expédition suivant la nature de la communication et le total de ces deux taxes.

Les télégrammes téléphonés d'arrivée sont enregistrés sur un état distinct qui ne comporte que la taxe de notation puisque la taxe d'acheminement a été déjà perçue.

De tout ce qui précède il résulte que le travail de taxation se trouve très réduit, puisqu'il est réparti sur un très grand nombre d'agents; et que, d'autre part, les agents du service interurbain, dont le temps est très précieux, se trouvent entièrement déchargés de ces taxations.

Quant au contrôle des taxations et à la comptabilité, il est confié à des agents exercés mais étrangers au service d'exécution proprement dit. On retrouve là encore l'application du même principe : réduire les écritures et la comptabilité au strict nécessaire, les façonner aux besoins de l'exécution, les faire passer au second plan, et enfin les subordonner entièrement à l'exploitation.

Statistique. — La statistique est établie une fois par trimestre.

Elle comprend à la fois des renseignements techniques sur la situation du matériel et des renseignements relatifs à l'exploitation. Le relevé du nombre des communications données ne se fait qu'une fois par mois, le jour ouvrable qui suit immédiatement le 15; et les inscriptions sont faites par les téléphonistes dans des

colonnes spéciales du journal ou procès-verbal de l'appareil dont nous avons déjà parlé ci-dessus.

La moyenne des communications, telle qu'elle ressort de cette statistique, me semble considérablement exagérée; elle ne correspond nullement au degré d'activité qu'il nous a été donné de constater dans les divers centraux de Berlin. Il faut remarquer à ce sujet que, d'après cette même statistique, les trois quarts environ des communications données ont exigé l'intervention de deux bureaux centraux.

Ces communications ont été comptées deux fois, avec juste raison, parce qu'elles ont exigé l'intervention de deux téléphonistes dont le travail a été à peu près le même dans deux bureaux différents; mais, pour rendre cette statistique comparable à celle d'un réseau-type qui n'aurait qu'un bureau central, il conviendrait, dans le calcul de la moyenne, de majorer de 75 p. 100 le nombre des abonnés. De ce chef, la moyenne de Berlin se trouverait réduite de 43 p. 100 environ, c'est-à-dire à un peu moins de neuf communications par abonné et par jour. D'autre part, comme, dans toute conversation, deux lignes sont reliées entre elles, et par suite deux numéros occupés, il est logique, pour prendre la moyenne, de diviser par le double du nombre des abonnés, au lieu de prendre comme dénominateur ce nombre lui-même ainsi qu'on l'a fait pour le réseau de Berlin. On arrive de la sorte à une moyenne qui dépasse à peine quatre par jour et par abonné, au lieu de quinze.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Je terminerai par un résumé des remarques principales, faites au cours de cette étude, et par les conclusions que l'on peut en tirer.

Les appareils d'abonnés sont disposés de telle facon que l'appel du bureau peut être fait dans n'importe quelle situation des écouteurs du poste. Aussi les abonnés sont-ils prêts à parler au bureau central avant même de l'avoir appelé : d'où une grande économie de temps. Cette disposition permet, en outre, d'interdire d'une façon absolue les réponses, du bureau central, par le bouton de pile d'appel.

Je signale encore la suppression des « allo » aussi inutiles qu'étranges; et qui prennent le temps qu'il vaudrait mieux employer à des indications précises.

Les demandes doivent toujours être faites au numéro ; il est inutile d'insister sur l'économie *considérable* de temps qui en résulte. Cette règle semble pouvoir être imposée sans soulever trop de résistance de la part des abonnés, à cause de l'améloration du service qui en découle et qui est encore plus sensible pour eux que pour les bureaux.

Il est bon de rappeler qu'en Allemagne, non seulement les demandes sont faites au numéro, mais encore que c'est au demandeur qu'incómbe le soin d'indiquer et d'appeler le bureau central qui dessert l'abonné demandé, dans le cas où ce dernier n'est pas relié au même central que le premier.

Par une règle analogue, dans les *relations interurbaines*, le demandeur doit indiquer le numéro de l'abonné demandé dans le réseau de sa localité.

La téléphoniste qui dessert le circuit interurbain n'a à s'occuper que de l'établissement des communications demandées ; et c'est à la téléphoniste du poste local de départ, qui a reçu la demande de communication, qu'incombe le soin de la noter et de la taxer.

Une conversation interurbaine qui n'a pas eu lieu sans qu'il y ait eu faute de la part du service, demeure taxée et due.

Il est vrai que les taxes sont modiques ; et c'est cette modicité des taxes interurbaines, comme des abonnements locaux, qui est la principale cause du grand développement du service téléphonique en Allemagne.

A cet égard, l'administration allemande a dû prévoir et éviter les encombrements et les impatiences du public : la taxe obligatoire des conversations qui n'ont pas eu lieu par la faute des correspondants élimine les demandes inutiles ; la triple taxe (qui n'est en somme que de 1^fr^,87 ou de 3^fr^,75) permet aux communications urgentes d'éviter une attente prolongée.

Lorsque, pour l'établissement d'une taxe, il y a lieu d'évaluer une distance entre deux points, cette distance est comptée à vol d'oiseau.

J'ai insisté à divers reprises sur les nombreux avantages qui résultent, pour la bonne exécution du service, de la subordination de la comptabilité à toutes les autres branches ; il me suffira d'ajouter que, à cet égard, le service téléphonique, en Allemagne, n'a fait que bénéficier d'une situation déjà établie pour les autres services télégraphique et postal.

Je rappelerai incidemment que la fusion, telle que nous la concevons, n'existe pas en Allemagne : les personnels des trois services (poste, télégraphe, télé-

phone), sauf dans les tout petits bureaux, sont nettement distincts; ils ont des affectations spéciales, et travaillent dans des immeubles différents ou dans des parties du même immeuble nettement séparées les unes des autres; le public lui-même est obligé de passer dans des salles de guichets différentes suivant qu'il veut s'adresser à la poste, au télégraphe ou au téléphone.

Cette spécialisation du personnel s'étend à une quatrième catégorie d'agents : celle des caissiers (Post-Kassirer), en France nous dirions : celle des *Receveurs*. C'est-à-dire que, dans chaque bureau, le personnel qui paie ou perçoit, et fait les opérations de comptabilité constitue une catégorie à part; mais, et c'est là le *point capital*, un caissier ou receveur, quel que soit son grade, se trouve *toujours sous les ordres du chef du bureau* avec tous les adjoints que peut comporter l'importance fiscale de ce bureau.

Cette nouvelle spécialisation, il est facile de s'en rendre compte, n'entraîne aucune augmentation d'effectif.

Elle vise toujours le même but : subordonner au travail d'exécution les prescriptions, la comptabilité et les écritures. C'est la seule organisation qui permette d'exécuter le service avec régularité, promptitude et économie, cette spécialisation assurant par ailleurs la tenue correcte des caisses et déchargeant les chefs des bureaux de cette préoccupation constante qui naîtrait pour eux de l'obligation de veiller à leurs recettes, à leurs caisses, sous-caisses, et à leurs comptabilités. Le chef du bureau, exempté par là d'un travail absorbant qu'engendreraient une responsabilité pécuniaire, des soucis assez lourds, conserve dès lors

la direction effective des opérations exécutées dans son bureau et en reste vraiment le chef.

C'est ainsi qu'en France, dans les chemins de fer, on ne verra jamais le chef d'une gare de quelque importance sous les ordres de son ou ses receveurs, ou, si l'on préfère, un receveur de gare diriger le service d'exploitation. Cette situation ne se rencontre que dans les stations de dernière importance. De même il importe que l'organisation téléphonique, dégageant de toute entrave les services d'exécution, se présente au public avec la pleine puissance des moyens matériels mis à sa disposition ; ce même public, mis en possession des lignes et des appareils, admis pour ainsi dire dans les bureaux, comme il l'est sur les voies ferrées et dans les gares, et devenant le juge immédiat de l'organisation, il n'y a point à compter que des défauts tant soit peu marqués d'exploitation lui échappent.

M. Cailho.

ALLOCUTION DE M. A. CORNU

A LA

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DU 21 DÉCEMBRE 1896

———

Nous extrayons de l'allocution prononcée, à la séance publique annuelle du lundi 21 décembre 1896, par M. A. Cornu, président de l'Académie des sciences, les passages suivants :

« L'étude désintéressée des grands phénomènes de la nature a eu souvent le privilège de conduire à des résultats considérables dans des directions bien éloignées de celles que le public croyait apercevoir, parfois aussi de celles que les chercheurs eux-mêmes avaient primitivement en vue.

« Lorsque Volta, Ampère ou Faraday étudiaient la production ou la transformation de l'électricité sur des phénomènes minuscules, qui donc, à l'exception de quelque rare génie, pouvait imaginer que leurs découvertes arriveraient à changer la face du monde, à modifier les conditions sociales et à créer la richesse dans des régions déshéritées.

« Lorsque Lavoisier, Gay-Lussac, Schwann, Cagniard-Latour étudiaient la fermentation de la bière ; lorsque Pasteur, reprenant la question, suivait patiem-

ment le développement de ces êtres microscopiques dans les générations dites *spontanées*, dans les maladies des vins ou des vers à soie, qui aurait pu prévoir qu'un jour viendrait où cet admirable enchaînement de travaux aurait une sanction intéressante pour l'humanité, où l'on parviendrait à démontrer que ces infiniments petits sont l'un des facteurs les plus redoutables de la vie humaine? C'est pourtant la conclusion de toutes ces recherches. Pasteur, en effet, dans sa longue et fructueuse carrière, nous a appris qu'il est possible de spécifier ces organismes, de les combattre et même de les diriger; car, suivant qu'ils sont pour nous des alliés ou des ennemis, ils ont le pouvoir de conférer une immunité certaine ou de conduire fatalement à la mort.

« Le public ne voit que le succès final; il ignore généralement le point de départ, souvent mystérieux, de ces recherches; il ignore surtout ce qu'il a fallu d'efforts et de persévérance pour arriver à ce qu'on nomme vulgairement une découverte pratique; il serait même enclin à dédaigner la science abstraite, source de toutes ces méditations, et à mesurer le mérite du savant à l'utilité immédiate, pour ainsi dire à la valeur commerciale de ses découvertes.

« L'utilitarisme est, en effet, une des maladies de notre société actuelle, peut-être l'une des plus graves, parce qu'elle tend à briser l'essor de l'esprit humain vers l'idéal et à le rabaisser au culte exclusif des intérêts matériels. L'histoire des grandes découvertes du siècle, fruit d'études longues et désintéressées, devrait au contraire montrer que la source des progrès réels est moins dans l'exploitation des résultats acquis que dans la recherche libre, abstraite, fantaisiste même,

en un mot dans la Science pure et indépendante, largement ouverte à toutes les aspirations de l'intelligence.

« L'année qui vient de s'écouler nous offre précisément un exemple de ces résultats surprenants, somme des efforts accumulés de plusieurs générations de savants, dont le point de départ était bien modeste, mais dont les conséquences ont pris une ampleur et une importance exceptionnelles.

« Je veux parler de la découverte de M. le professeur Röntgen dont je ne puis guère, en ma qualité de physicien, me dispenser de vous entretenir aujourd'hui, car les fameux rayons X ont été, pour le public, comme pour les savants, l'événement scientifique de l'année.

« Je vais donc vous conter leur histoire, qui d'ailleurs est assez instructive.

« Pour trouver le premier germe de leur développement, il faut remonter jusqu'au milieu du siècle dernier. A cette époque, l'étude des phénomènes électriques récemment découverts excitait un vif intérêt; l'assimilation si hardie des expériences de laboratoire avec les manifestations grandioses qui ont leur siège dans les nuages orageux, l'explication des éclairs et de la foudre, l'invention du paratonnerre par Franklin avaient frappé les imaginations et répandu le goût des expériences d'électricité : la physique était devenue un divertissement à la mode. Les gens de qualité ne dédaignaient pas d'aller écouter les leçons de l'abbé Nollet, maître de physique de Mgr le Dauphin, et de suivre les démonstrations que l'habile expérimentateur répétait sous leurs yeux. Les gravures du temps nous retracent quelques-unes de ces séances; on y voit

pimpants et coquets de jeunes abbés de cour, d'élégants cavaliers, des dames en grande toilette, empressés autour d'appareils aux formes étranges, prendre plaisir à tirer les étincelles de la machine électrique ou à exciter de brillantes aigrettes. L'expérience des *aigrettes dans le vide* était l'une des plus curieuses par le volume et l'éclat que revêt alors l'effluve lumineux. On les obtenait dans l'*œuf électrique*, globe de verre transparent où deux tiges métalliques terminées en boules laissent jaillir la décharge électrique; l'étincelle, d'abord en zigzag comme l'éclair, s'étale peu à peu à mesure qu'on fait le vide : observée dans l'obscurité, on la voit s'étendre jusqu'à remplir tout le globe d'une magnifique gerbe rose ou violacée.

« Telle est l'expérience simple et charmante qui, après avoir fait la joie des dilettanti de la physique, a conduit finalement à ces fameux rayons doués de propriétés si curieuses; mais la route a été fort longue.

« Pendant près d'un siècle, rien de nouveau n'est ajouté à l'analyse de ce brillant phénomène; c'est seulement en 1843 qu'Abria, de Bordeaux, occupé de recherches sur l'induction, eut l'idée de faire passer la décharge induite à travers l'œuf électrique; il reconnut qu'à un certain degré de vide, la belle lueur violette diffusée dans tout le globe devient stratifiée, c'est-à-dire divisée en tranches alternativement brillantes et sombres; de plus, la boule positive présente toujours une aigrette, la boule négative une sorte de gaîne obscure; c'est cette gaîne qui jouera bientôt le rôle décisif. Après Abria, la décharge stratifiée, excitée avec des appareils électriques plus puissants, est étudié en Angleterre et en Allemagne par Gassiot, Warren de la Rue, Spottiswoode, Hittorf et

Crookes; la forme du globe prend définitivement celle d'une ampoule allongée munie de deux électrodes qui remplacent les deux tiges de l'œuf électrique.

« Les stratifications régulières s'y montrent au degré de vide et avec les caractères signalés par Abria, à savoir : une aigrette à l'électrode positive, une gaine sombre à l'électrode négative désormais nommée *cathode*.

« Il va sans dire que ces expériences n'étaient pas, comme au siècle dernier, de simples récréations pour le plaisir des yeux; on espérait y découvrir le mécanisme de la décharge, c'est-à-dire résoudre le grand problème de la propagation de l'électricité. Mais sous ce rapport l'espoir fut déçu et toute recherche dans cette voie risquait d'être abandonnée lorsque M. Crookes, guidé par des vues théoriques sur l'état de la matière dans les gaz raréfiés, chercha ce que deviendrait la décharge électrique en poussant la raréfaction à l'extrême.

« Il observa alors une série de phénomènes nouveaux : à mesure que le vide augmente, la gaîne obscure de la cathode grandit, chassant devant elle les stratifications qui s'évanouissent l'une après l'autre; lorsque enfin la gaîne obscure remplit tout l'espace, le verre de l'ampoule devient fluorescent surtout à l'opposite de la cathode. M. Crookes voit dans ce phénomène la confirmation de ses idées; pour lui ce sont les molécules du gaz raréfié, repoussées par l'électricité négative, qui bombardent le fond de l'ampoule et par leurs chocs font jaillir ces lueurs. Il institue alors une série d'expériences fort curieuses pour démontrer l'existence de ces projectiles; ici, il les arrête par un écran intérieur en aluminium, l'ombre de l'écran se peint alors

au fond du tube; ailleurs, il emploie leur impulsion à faire tourner un moulinet; enfin, dans un dispositif spécial, qu'on appellera plus tard le *tube focus*, il dirige les feux convergents de cette artillerie invisible sur un point déterminé, véritable foyer où les corps réfractaires, le rubis, le platine jettent un éclat éblouissant.

« Ces brillantes expériences de M. Crookes, imaginées il y a une vingtaine d'années, firent une vive impression; elles furent répétées dans diverses conférences auxquelles beaucoup d'entre vous ont certainement assisté et dont le succès rappelait, à un siècle et demi de distance, la vogue des leçons de physique expérimentale de l'abbé Nollet.

« Mais la gloire passe vite en ce monde; la mode change, les renommées s'évanouissent; le tube de Crookes tomba bientôt dans l'oubli et alla rejoindre, dans les vitrines des collections, l'œuf électrique, son aïeul; ce pauvre abandonné méditait depuis quinze ans sur l'inconstance de la faveur populaire lorsqu'un beau jour, il se voit tirer de sa solitude. Herz, guidé par d'autres vues, le reprend et vérifie que le bombardement moléculaire traverse l'écran d'aluminium enfermé dans l'ampoule lorsqu'il n'est pas trop épais; les physiciens, sachant depuis longtemps que l'argent en couche mince, opaque pour la lumière, est transparent pour les rayons ultra-violets, n'y virent rien d'extraordinaire. Mais le phénomène devint autrement intéressant quand M. Philipp Lénard, profitant de cette transparence de l'aluminium, fit sortir dans l'air ces rayons cathodiques jusque là confinés dans le vide, en perçant l'ampoule d'une très petite fenêtre fermée par une lame mince de ce métal. Les radiations filtrées

à travers cette singulière vitre excitent la fluorescence, impressionnent les plaques photographiques, déchargent les corps électrisés, et même traversent une feuille de papier noirci. Toutes ces propriétés, étudiées minutieusement par M. Lénard, sont précisément celles auxquelles M. Röntgen devait, quelques mois plus tard, donner un si grand retentissement; il est juste de le proclamer afin de bien mettre en lumière ces laborieux efforts, précurseurs ordinaires des grandes découvertes.

« Malheureusement les appareils de M. Lénard étaient complexes, délicats à manier et ne formaient qu'un mince faisceau de ces rayons si curieux; la découverte avait donc besoin d'être complétée par l'invention d'un dispositif plus simple et surtout capable de fournir un rayonnement intense et copieux.

« C'est le hasard, ce hasard heureux dont savent seuls profiter les observateurs perspicaces, qui mit aux mains de M. Röntgen l'appareil définitif, simple et puissant. Un tube de Crookes, enfermé dans une boîte de carton, fut mis en action au fond d'un laboratoire obscur; une plaque fluorescente se trouvait par hasard à côté, elle s'illumina.

« M. Röntgen l'aperçut; il en conclut immédiatement que les radiations cathodiques d'un simple tube de Crookes sont assez intenses pour traverser l'ampoule de verre et le carton épais. La photographie à travers les corps opaques était inventée.

« Vous savez le reste : M. Röntgen constitua bientôt une méthode d'investigation des plus précieuses qu'il sut imposer à l'attention publique par cette image un peu macabre d'une main transparente laissant voir son squelette. La chirurgie et même la pathologie ont déjà largement bénéficié de la nouvelle méthode; les rayons

Röntgen, puisque c'est ainsi qu'on les nomme désormais, décèlent, dans le corps humain, les objets étrangers cachés dans l'épaisseur des chairs, les affections des os ou des cartilages ; ils permettent même de contrôler le diagnostic des épanchements pleurétiques, comme l'a récemment annoncé notre confrère M. Bouchard. A mesure que la technique se perfectionnera, les applications médicales deviendront plus faciles et plus étendues ; la méthode de M. Röntgen est donc appelée à concourir au soulagement des infirmités humaines : c'est un nouveau bienfait à mettre à l'actif de la science pure. »

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE

ADRESSÉ PAR LE

MINISTRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

SUIVI D'UN DÉCRET RENDANT OBLIGATOIRE
LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS ÉLECTRIQUES POUR TOUS LES MARCHÉS
ET CONTRATS POUR LE COMPTE DE L'ÉTAT.
DANS TOUTES LES COMMUNICATIONS FAITES AUX SERVICES PUBLICS
ET DANS LES CAHIERS DES CHARGES DRESSÉS PAR EUX
(Rapport sur les unités internationales y annexé.)

Monsieur le Président,

Le Congrès qui a suivi l'Exposition internationale d'électricité de 1881 avait adopté et recommandé pour les besoins usuels un système rationnel et simple d'unités électriques, établies sur les bases étudiées par l'Association Britannique.

Pour compléter son œuvre, il était nécessaire de fixer la valeur des unités fondamentales. Une conférence internationale, qui se réunit à Paris en 1882 et 1884, sur l'initiative du Gouvernement de la République, fut chargée de cette mission. Les valeurs choisies étant considérées par la conférence elle-même comme provisoires, leur définition ne fut acceptée que pour une durée de dix années.

Durant cette période nouvelle, les recherches ont continué : l'état de la science permet aujourd'hui de fixer les unités avec une plus grande précision, et les

échanges d'idées qui ont eu lieu à la suite des grandes expositions de Paris en 1889 et de Chicago en 1893, ont montré que les savants de tous les pays se trouvaient d'accord pour les définitions à adopter.

Le moment avait semblé favorable pour établir à ce sujet une entente internationale; mais certaines puissances, n'attendant pas qu'une décision ait été prise en commun, ont cru devoir donner à ces nouvelles unités le caractère légal et obligatoire dans l'étendue de leur territoire.

Sans renoncer à poursuivre les négociations, sans consacrer immédiatement par une loi les nouvelles définitions, il serait d'un grand intérêt de rendre désormais obligatoire, tout au moins pour les services publics et dans les transactions qui les intéressent, l'emploi des unités acceptées pratiquement par tous les grands États.

Tel est le but du décret que j'ai l'honneur de soumettre à votre haute approbation et dont les termes ont été étudiés par une commission spéciale.

Ce décret qui ne ferait que régulariser l'application d'un système entré dans l'usage, aurait pour résultat de prévenir toute divergence entre les divers services publics, sans leur apporter aucune gêne. Il présenterait, en outre, l'avantage d'imposer en fait ce système à la plupart des transactions privées, d'en répandre l'usage, et faciliterait ainsi indirectement la conclusion d'un accord international unanimement désiré.

Les articles 2, 3 et 4 définissent seulement les unités fondamentales de résistance, d'intensité et de force électromotrice.

Le rapport ci-annexé de la commission contient tous



les détails nécessaires pour réaliser dans de bonnes conditions les étalons pratiques des unités d'intensité et de force électromotrice. Les autres unités qui se déduisent aisément des unités fondamentales sont indiquées dans le même rapport.

Le système ainsi défini est désigné, en raison même de l'espoir très justifié de le voir universellement adopté, sous le nom de système international qui le différencie complètement des autres.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'hommage de mon respectueux dévouement.

Le Ministre du commerce,
de l'industrie, des postes et des télégraphes,

MESUREUR.

DÉCRET

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et télégraphes;

Décrète :

ART. 1er. — Dans tous les marchés et contrats passés pour le compte de l'État, dans toutes les communications faites aux services publics et dans les cahiers des charges dressés par eux, le système international d'unités électriques, tel qu'il est défini ci-après, sera seul et obligatoirement employé.

ART. 2. — L'unité électrique de résistance, ou ohm, est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure à la température de la glace fondante, ayant une masse de $14^{gr},4521$, une section constante et une longueur de $106^{cm},3$.

Art. 3. — L'unité électrique d'intensité, ou ampère, est le dixième de l'unité électromagnétique de courant. Elle est suffisamment représentée pour les besoins de la pratique par le courant invariable qui dépose en une seconde $0^{gr},001\ 118$ d'argent.

Art. 4. — L'unité de force électro-motrice, ou volt, est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est un ohm. Elle est suffisamment représentée pour les besoins de la pratique par les 0,6974 ou $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Latimer-Clarck.

Art. 5. — Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Journal Officiel*.

Fait à Paris, le 25 avril 1896.

Félix Faure.

Par le Président de la République :

Le ministre du commerce,
de l'industrie, des postes et des télégraphes,

Mesureur.

Rapport présenté à la Commission des unités électriques (*), *le* 7 *mars* 1896, *par M. J. Violle, rapporteur.*

LES UNITÉS ÉLECTRIQUES INTERNATIONALES

Le décret du 8 mai 1790, par lequel l'Assemblée

(*) Cette Commission se composait de :

MM. **de Selves,** directeur général des postes et des télégraphes;
Baille, ancien répétiteur de l'École polytechnique;



constituante chargeait l'Académie des sciences d'établir un système invariable de poids et mesures, marque dans l'histoire de la civilisation un progrès dont la portée scientifique a dépassé les espérances même de ses auteurs. Lorsque, moins d'un an après, au mois de mars 1791, une députation de l'Académie, présidée par de Lalande, présenta à la Convention les bases du système métrique décimal, Grégoire qui présidait alors, remercia les savants en ces termes pompeux :

« ... Le génie de la liberté a paru et il a demandé au génie des sciences quelle est l'unité fixe et invariable, indépendante de tout arbitraire, telle en un mot qu'elle n'ait pas besoin d'être déplacée pour être connue et qu'il soit possible de la vérifier dans tous les temps et dans tous les lieux. Estimables savants, c'est par vous que l'univers devra ce bienfait à la France. »

Le 18 germinal an III (avril 1795) le mètre était proclamé unité de longueur : l'édifice était constitué.

Quarante ans plus tard, Gauss et Weber furent con-

MM. **H. Becquerel**, membre de l'Académie des sciences;
Benoist, directeur du bureau international des poids et mesures;
Bompard, ministre plénipotentiaire, directeur des consulats et des affaires commerciales au ministère des affaires étrangères;
Carpentier, ingénieur constructeur;
Lippmann, membre de l'Académie des sciences;
Mascart, membre de l'Académie des sciences;
de Nerville, inspecteur-ingénieur des postes et des télégraphes;
Pollard, ingénieur attaché à l'inspection générale du génie maritime;
Potier, membre de l'Académie des sciences;
Raymond, administrateur à la direction générale des postes et des télégraphes;
Vaschy, ingénieur des postes et des télégraphes, examinateur d'admission à l'École polytechnique;
Violle, maître de conférences à l'École normale supérieure, professeur au Conservatoire national des arts et métiers;
Walckenaër, ingénieur des mines;
Massin, inspecteur-ingénieur des postes et des télégraphes, *secrétaire.*

duits par leurs admirables travaux sur le magnétisme à exprimer les quantités mécaniques au moyen de trois unités fondamentales de longueur, de masse et de temps, la masse étant substituée au poids de façon que les mesures fussent indépendantes du lieu où elles étaient effectuées. Pour unité de temps, ils adoptèrent la seconde sexagésimale du temps moyen, pour unité de longueur le millimètre et pour unité de masse le milligramme.

En 1860, l'Association britannique entreprit d'appliquer les mêmes principes à la mesure des quantités électriques, en remplaçant toutefois le millimètre et le milligramme par le centimètre et le gramme.

C'était une tâche singulièrement difficile, et le service rendu en cette occasion à la science par l'Association Britannique et spécialement par celui qui fut l'âme du comité, par lord Kelvin, ne saurait être trop apprécié; des quantités rapportées à des unités arbitraires, pour la plupart mal définies, furent toutes ramenées au système CGS (centimètre-gramme-seconde); leurs rapports naturels furent mis en évidence, tandis que leurs valeurs numériques se trouvèrent désormais à l'abri de toute circonstance contingente.

Le système établi par l'Association Britannique a été adopté par le congrès international des électriciens réuni à Paris en 1881.

Le même congrès a consacré sous la forme suivante les unités pratiques proposées par l'Association Britannique comme représentant l'adaptation la plus commode du système CGS aux besoins usuels et l'unité pratique de résistance est égale à 10^9 unités absolues et prend le nom d'*ohm*.

L'unité pratique de force électromotrice est le volt valant 10^8 unités C G S.

On appelle *ampère* le courant produit par la force électromotrice d'un volt dans un circuit ayant une résistance d'un ohm : l'ampère vaut 10^{-1} unités C G S.

On appelle *coulomb* la quantité d'électricité qui, dans une seconde, traverse la section d'un conducteur parcouru par un courant d'un ampère : le coulomb vaut 10^{-1} unités C G S.

On appelle *farad* la capacité d'un condensateur dont les armatures prennent une différence de potentiel d'un volt quand la charge est d'un coulomb : le farad vaut 10^{-9} unités C G S.

Enfin le congrès, suivant l'idée avancée autrefois par Pouillet et soutenue par Siemens, décidait que l'ohm serait représenté par une colonne de mercure à 0° centigrade, ayant 1 millimètre carré de section et une longueur qu'une commission internationale serait chargée de déterminer, les premiers travaux de l'Association Britannique indiquant déjà que cette longueur était voisine de $1^m,04$.

En raison des applications si importantes de l'électricité à l'éclairage, le congrès décidait également que la commission serait chargée de déterminer l'étalon de lumière.

Une conférence internationale se réunissait à Paris l'année suivante (1882) pour tracer le programme des expériences à faire ; et, deux ans plus tard (1884), réunie de nouveau à Paris, elle votait à l'unanimité les résolutions suivantes :

L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de $1^m,06$ de longueur à la température de la glace fondante.

L'ampère est le courant dont la mesure absolue est de 10^{-1} unités électro-magnétiques CGS.

Le volt est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est l'ohm légal.

L'unité de chaque lumière simple est la quantité de lumière émise en direction normale par 1 centimètre carré de surface de platine fondu à la température de solidification. L'unité pratique de lumière blanche est la quantité totale de lumière émise normalement par la même source.

Relativement à la longueur de la colonne mercurielle représentant l'ohm, M. Mascart donnait à la conférence les explications suivantes sur les motifs qui avaient amené la commission de l'ohm à adopter la valeur de $1^{m},06$.

« La commission s'est arrêtée à cette valeur non pas à cause du résultat moyen des observations, ni parce qu'elle la considérait comme la plus probable, mais surtout parce que les trois premiers chiffres qui représentent la longueur de la colonne mercurielle sont acceptés par tout le monde et paraissent avoir toutes les garanties d'exactitude. Quelques membres pensent que ce nombre est un peu trop élevé : plusieurs autres étaient d'avis qu'il est sensiblement trop faible, mais sans pouvoir donner de leur conviction une preuve tout à fait démonstrative. Dans tous les cas, l'erreur commise est sûrement faible ; elle varie de quelques unités seulement du quatrième chiffre et elle est sans importance pour la pratique ; la nécessité de donner à l'industrie une solution qu'elle réclame avec quelque impatience a paru assez grave pour qu'on ne crût pas devoir retarder davantage cette solution. »

D'autre part, dans la commission, M. Mascart concluait des diverses expériences présentées que le nombre réel lui paraissait compris entre 106^{cm},2 et 106^{cm},3, mais plus près de 106^{cm},3 que de 106^{cm},2. Il semblait donc que l'ont pû aisément s'entendre sur 106^{cm},3 ou 106^{cm},25. Mais si la plupart des nombres apportés dans la commission étaient compris entre 106^{cm},3 et 106^{cm},2 certains descendaient à 105^{cm},9 à 105^{cm},7 quelques-uns plus bas encore. Et devant l'impossibilité de discuter dans une conférence des écarts aussi considérables l'accord se faisait sur le nombre rond 106 centimètres, accord de raison conclu pour une durée de dix années, sur une proposition de lord Kelvin, dont les procès-verbaux ont omis de faire mention. Aussi tout en priant le gouvernement français de vouloir bien transmettre leur résolution aux divers États et en recommander l'adoption internationale, la plupart des membres de la conférence de 1884 désiraient ne point fixer immédiatement un étalon de mesure dont la détermination, suivant l'expression de lord Kelvin et de M. von Helmholtz, était imparfaite. Ils tenaient à laisser prévaloir la vérité avant de solliciter de leurs gouvernements une convention internationale définitive.

Et voici que les dix années sont révolues et que la sagesse des résolutions de la conférence de 1884 est affirmée par ce fait que le temps n'y a apporté aucune modification essentielle, tout en amenant les améliorations prévues.

Élargissant le cadre tracé en 1884, le congrès international des électriciens, tenu à Paris en 1889, formulait les propositions suivantes :

L'unité pratique de travail est le *joule*. Le joule vaut 10^7 unités C G S. de travail. C'est l'énergie équiva-

lente à la chaleur dégagée pendant une seconde par un ampère dans un ohm.

L'unité pratique de puissance est le *watt*. Le watt vaut 10^7 unités C G S. C'est la puissance d'un joule par seconde.

Pour évaluer l'intensité d'une lampe en bougies on prendra comme unité pratique, sous le nom de *bougie décimale*, la vingtième partie de l'étalon de lumière défini par la conférence internationale de 1884.

L'unité pratique de coefficient d'induction est le *quadrant*, le quadrant vaut 10^9 centimètres.

En 1892, l'Association Britannique proposait certaines modifications aux définitions pratiques des unités fondamentales. Elle demandait que la section de la colonne mercurielle représentative de l'ohm fût définie non plus comme ayant une surface de 1 millimètre carré, mais comme étant la section droite d'un cylindre qui, sur une longueur de $1^m,063$, renferme à $0°$ une masse de mercure de $14^{gr},4521$. Ce changement dû à l'initiative de M. von Helmholtz, présente les avantages : 1° de substituer une mesure précise de masse par la balance à une mesure irréalisable de section ; 2° d'éliminer la difficulté résultant d'un désaccord entre la valeur du kilogramme et sa définition métrique.

L'Association Britannique estimait en outre que l'on pouvait adopter $0^{gr},001118$ pour le nombre de grammes d'argent déposé d'une solution neutre de nitrate d'argent, en une seconde, par un courant d'un ampère, et 1,434 pour la force électromotrice en volts d'un élément Latimer-Clark, à la température de 15°.

Ces propositions furent acceptées par le Board of Trade et soumises par lui aux diverses puissances en vue d'un accord international.

Le Congrès de Chicago (1893) a sanctionné les efforts accomplis; et les décisions, librement prises après les plus sérieuses délibérations par les délégués des deux mondes, s'imposent dorénavant à tous.

On a modifié la définition de l'ohm suivant la proposition de l'Association Britannique, de manière à le rapprocher davantage de 10^9 unités électromagnétiques C G S de résistance. Sur la longueur de la colonne mercurielle l'entente s'est établie d'une façon définitive; personne n'a plus contesté que le nombre réel dût être compris entre $106^{cm},2$ et $106^{cm},3$, plus près de $106^{cm},3$ que de $106^{cm},2$, comme, d'ailleurs, on a voulu se borner à quatre chiffres, d'après l'opinion de M. von Helmholtz, on a dû prendre $106^{cm},3$. Pour la section, on a adopté la définition de M. von Helmholtz, acceptée par l'Association Britannique. Avec ces deux modifications, la résistance définissant désormais l'ohm a été formulée : celle d'une colonne de mercure de section constante à la température de 0° centigrade, ayant une masse de $14^{gr},4521$ et une longueur de $106^{cm},3$.

Relativement à l'ampère et au volt, on n'a rien changé aux définitions données par la conférence de 1884, sur la proposition de lord Kelvin.

L'ampère est donc resté défini le dixième de l'unité électromagnétique C G S de courant. Toutefois on a cru devoir ajouter, en raison des usages pratiques, qu'il était suffisamment représenté, pour ces usages, par le courant constant qui, dans les conditions déterminées (*) dépose, en une seconde, $0^{gr},001118$ d'argent.

De même, le volt a été défini la force électromotrice qui, appliquée à un conducteur dont la résistance est

(*) Voir la note n° 1.

d'un ohm, y produit un courant d'un ampère; et l'on a ajouté qu'il était suffisamment représenté pour les besoins de la pratique par les $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Latimer-Clark, à la température de 15°, dans des conditions déterminées (*).

Les définitions du coulomb, du farad, du joule, du watt ont été maintenues, telles qu'elles avaient été déjà posées en 1881 ou telles qu'elles s'étaient introduites dans la pratique et qu'elles avaient été réglées par le Congrès de Paris (1889).

Pour l'unité d'induction, la définition a été également conservée, mais le nom a été changé : au mot quadrant on a jugé préférable de substituer le nom d'un savant, selon le principe adopté pour la désignation des unités précédentes; le nom du physicien américain Henry a rallié tous les suffrages.

Pour la photométrie, le Congrès n'a pas cru devoir présentement adopter d'étalon industriel.

En outre, afin de bien marquer le caractère qu'ils désiraient voir donner par leurs gouvernements respectifs aux unités dont ils venaient d'arrêter les définitions et qui, selon eux, doivent désormais faire loi dans toutes les transactions commerciales, les délégués au Congrès de Chicago ont décidé que ces unités porteraient le nom d'internationales.

Le moment semblait donc venu de donner un caractère définitif aux décisions prises par le Congrès de Chicago, en vue de compléter et d'affermir l'œuvre commencée à Paris en 1881.

Dès le mois de décembre 1893, le Gouvernement de la République française prit l'initiative de provoquer

(*) Voir la note n° 2.

une convention internationale touchant les unités d'électricité et de lumière.

Mais, déjà, aux Etats-Unis, le supérintendant des poids et mesures avait soumis au secrétaire de la trésorerie le projet de consacrer officiellement en Amérique les décisions du Congrès de Chicago. Elles furent, en effet, rendues légales et obligatoires dans toute l'étendue de l'Union par une loi (H R 6500) adoptée à la Chambre des représentants le 8 juin 1894 et approuvée par le Sénat le 12 juillet de la même année. Enfin, le 19 février 1895, le Sénat enregistrait le rapport dans lequel l'Académie nationale des sciences de Wasington établissait, d'après la loi précitée, les spécifications nécessaires à l'usage pratique de l'ampère et du volt.

En Europe, la Russie et l'Italie, tout en faisant des réserves sur quelques points, accueillirent favorablement les ouvertures de la France relativement à une convention internationale. Mais l'Angleterre et l'Allemagne proposèrent de limiter l'action présente à un échange de notes, bornées elles-mêmes à l'ohm, à l'ampère et au volt. D'autre part, conformément à la loi anglaise de 1889 sur les poids et mesures, le Conseil de la reine adoptait, le 23 août 1894, un ordre donnant en Angleterre un caractère obligatoire à l'ohm, à l'ampère et au volt définis par le Congrès de Chicago et prescrivant la construction de prototypes de ces unités suivant les règles posées par le même Congrès.

Dans cette situation, M. le Ministre des affaires étrangères n'estime pas qu'il doive insister, quant à présent, sur la proposition qu'il a soumise, en 1893, aux différents États ayant pris part à la Conférence internationale tenue à Paris en 1884.

Toutefois, l'industrie et le commerce réclamant impérieusement la définition légale des unités électriques et la construction de propotypes légaux de ces unités, nous pourrions introduire en France dès maintenant, comme cela a été fait aux États-Unis et en Angleterre, des dispositions donnant un caractère officiel aux définitions et aux prototypes adoptés.

Sans doute les prescriptions du Congrès de Chicago ne sont pas à l'abri de toute critique. Des trois unités fondamentales de l'électricité, deux devraient être définies formellement, la troisième résultant des deux autres. En fait, une seule unité, l'ohm, a reçu une définition dégagée de toute considération théorique, une définition matérielle et définitive, à l'exemple de celles du mètre et du kilogramme. Les deux autres unités ont conservé leur définition théorique, à laquelle on a joint l'énoncé d'une représentation suffisante pour les besoins de la pratique. Il importe toutefois de remarquer que le volt a été subordonné à l'ampère, puisqu'il a été défini la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans la résistance d'un ohm. Cette subordination rend le système plus correct, en même temps qu'elle indique au praticien le moyen qu'il préfèrera souvent pour mesurer une différence de potentiel. Elle n'empêche point d'indiquer un élément de pile pouvant, dans des conditions prescrites, servir d'étalon pratique de force électromotrice.

Ainsi constitué, le système satisfait bien aux besoins de la pratique. Nous lui conserverons le nom d'international, qui rappelle son origine et qui le distingue des systèmes précédemment proposés.

Il se résume dans les définitions suivantes, dont on ne séparera point celles qu se rapportent à l'unité de

lumière, rien n'étant venu changer les décisions prises à cet égard par la conférence de 1884.

UNITÉS INTERNATIONALES

L'*ohm* est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure, à la température de la glace fondante, ayant une masse de $14^{gr},4521$, une section constante et une longueur de $106^{cm},3$.

L'*ampère* est le dixième de l'unité électromagnétique CGS de courant. Il est suffisamment représenté pour les besoins de la pratique par le courant invariable qui dépose en une seconde $0^{gr},001118$ d'argent dans des conditions déterminées (*).

Le *volt* est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est un ohm. Il est suffisamment représenté pour les besoins de la pratique par les 0,6974 ou $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Latimer-Clark dans des conditions déterminées (**).

Le *coulomb* est la quantité d'électricité transportée en une seconde par un courant d'un ampère.

Le *farad* est la capacité d'un condensateur chargé au potentiel d'un volt par un coulomb.

L'*henry* est l'induction dans un circuit où la force électromotrice est un volt quand le courant inducteur varie à raison d'un ampère par seconde.

Le *joule* est égal à 10^7 unités CGS de travail. Il est suffisamment représenté pour les besoins de la

(*) Voir la note n° 1.
(**) Voir la note n° 2.

pratique par l'énergie dépensée en une seconde par un ampère dans un ohm.

Le *watt* est égal à 10^7 unités CGS de puissance. Il est suffisamment représenté pour les besoins de la pratique par la puissance d'un joule par seconde.

L'*unité de lumière* est la quantité de lumière émise en direction normale par un centimètre carré de surface de platine fondu à la température de solidification.

Pour consacrer officiellement ce système en France, il suffirait qu'un décret le rendit obligatoire dans tous les marchés avec l'État; car le commerce l'adopterait nécessairement dès lors dans les transactions privées. Cette manière de procéder, qui permettrait d'obtenir immédiatement les résultats pratiques désirés, laisserait plus de liberté quant aux négociations internationales à venir. Il paraît même qu'à ce point de vue, non moins que pour éviter toute complication inutile, il serait préférable de ne sanctionner par un acte administratif que les trois définitions fondamentales de l'ohm, de l'ampère et du volt, les autres en résultant immédiatement, sauf l'unité de lumière qui ne soulève aucune difficulté.

Paris, le 7 mars 1896.

Le rapporteur :

J. VIOLLE.

NOTES

NOTE 1

RÈGLES POUR L'EMPLOI DE LA DÉFINITION PRATIQUE DE L'AMPÈRE

Dispositions du voltamètre à argent.

Un voltamètre mesure la quantité totale d'électricité qui a passé pendant la durée de l'expérience; il fait donc connaître le courant moyen, ou le courant même, si celui-ci est resté constant.

Quand on emploie le voltamètre à argent pour mesurer des courants d'environ 1 ampère, on doit adopter les dispositions suivantes :

La cathode sur laquelle ira se déposer l'argent sera formée d'une capsule de platine ayant au moins 10 centimètres de diamètre et 4 à 5 centimètres de hauteur.

L'anode sera une plaque d'argent pur ayant environ 30 centimètres carrés de surface et 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Elle sera maintenue horizontalement dans le liquide, à peu de distance de la surface, par un fil d'argent rivé en son centre. Pour empêcher les fragments de métal qui s'en détachent de tomber sur la cathode, on enveloppera l'anode de papier filtre pur replié par derrière.

Le liquide soumis à l'électrolyse consistera en une solution neutre de nitrate d'argent pur, contenant environ 15 parties en poids de nitrate pour 85 parties d'eau.

La résistance du voltamètre changeant un peu pendant l'expérience, on préviendra les variations trop considérables que pourrait éprouver le courant au moyen d'un rhéostat intercalé dans le circuit : la somme des résistances métalliques opposée au courant ne devra pas être inférieure à 10 ohms.

Manière de faire une mesure.

La capsule de platine est lavée successivement à l'acide nitrique, à l'eau distillée et à l'alcool absolu; elle est séchée à 160° et laissée dans un appareil à dessiccation jusqu'à complet refroidissement. Elle est alors pesée exactement. On la remplit presque complètement de la dissolution et on la relie au reste du circuit en la plaçant sur un support en cuivre, bien propre et convenablement isolé.

On plonge alors l'anode dans la solution jusqu'à ce qu'elle soit complètement immergée; on la fixe en place et on établit les connexions avec le reste du circuit.

On ferme le contact à l'aide d'une clef, en notant le temps. On laisse passer le courant au moins une demi-heure. On note le temps au moment où l'on rompt le contact.

On vide la capsule; on lave à l'eau distillée et on laisse tremper au moins six heures. On rince successivement à l'eau distillée, puis à l'alcool absolu et on sèche dans un bain d'air à 160°; on laisse refroidir dans un appareil de dessiccation. On pèse de nouveau. Le gain accusé par la balance fait connaître la masse d'argent déposée.

Pour avoir la valeur moyenne du courant en ampères, on divise le nombre de grammes exprimant cette masse par le nombre de secondes pendant lequel le courant a passé et par 0,001118.

Quand on détermine par cette méthode la constante d'un instrument, on doit maintenir le courant aussi uniforme que possible et noter les indications de l'instrument à intervalles de temps rapprochés. On pourra alors tracer une courbe qui fera connaître l'indication correspondant à la valeur moyenne du courant.

NOTE 2

SUR LA PRÉPARATION DE L'ÉLÉMENT CLARK (*)

Définition de l'élément. — L'élément se compose de zinc ou d'amalgame zinc-mercure, de mercure et d'une solution saturée neutre de sulfate de zinc et de sulfate mercureux dans l'eau avec excès de sulfate mercureux.

Préparation des matériaux.

1. *Le mercure.* — Pour en assurer la pureté, le traiter par l'acide suivant la méthode habituelle, puis le distiller dans le vide.

2. *Le zinc.* — Prendre une baguette de zinc pur redistillé, souder à une extrémité un fil de cuivre, nettoyer le tout au papier de verre ou au brunissoir d'acier, en enlevant soigneusement tout fragment qui pourrait se détacher du zinc. Au moment de monter la pile, plonger le zinc dans l'acide sulfurique étendu, le laver à l'eau distillée et le sécher avec un linge bien propre ou du papier à filtre.

3. *Le sulfate mercureux.* — Prendre du sulfate mercureux acheté comme pur, le mêler avec une petite quantité de mercure pur et laver le tout à fond avec de l'eau distillée froide par agitation dans une bouteille, décanter l'eau, et recommencer au moins deux fois. Après le dernier lavage, décanter aussi parfaitement que possible l'eau restante.

4. *La dissolution de sulfate de zinc.* — Préparer une solution saturée neutre de sulfate de zinc pur (pur recristallisé) en mêlant dans un flacon de l'eau distillée avec à peu près deux fois son poids de cristaux de sulfate de zinc pur et ajoutant une quantité d'oxyde de zinc égale à environ 2 p. 100 du poids des cristaux afin de neutraliser tout acide libre. Les cristaux seront dissous à l'aide d'une chaleur douce, la température ne devant pas dépasser 30° centigrades. Du sulfate mercureux, traité comme il a été dit au paragraphe 3, sera ajouté dans la proportion d'en-

(*) D'après la spécification B de la prescription anglaise, jointe à l'ordre en conseil du 23 août 1894.



viron 12 p. 100 du poids des cristaux de sulfate de zinc pour neutraliser l'oxyde de zinc restant libre, et la solution sera filtrée pendant qu'elle est encore chaude et mise dans une bouteille de provision. Des cristaux se formeront pendant le refroidissement.

5. *La pâte de sulfate mercureux et de sulfate de zinc.* — Mêler le sulfate mercureux lavé avec la solution de sulfate de zinc, en ajoutant des cristaux de sulfate de zinc pris dans la bouteille de provision en quantité suffisante pour assurer la saturation, avec un peu de mercure pur. Remuer bien le tout de façon à en faire une pâte de la consistance de la crème. Chauffer cette pâte à une température ne dépassant pas 30° centigrades, pendant une heure, en agitant de temps en temps; laisser refroidir en ayant soin de remuer encore quelquefois. Des cristaux de sulfate de zinc devront apparaître nettement visibles et répartis dans toute la masse; sinon ajouter une plus grande quantité de cristaux pris dans la bouteille de provision et recommencer toute l'opération.

Cette méthode assure la formation d'une solution saturée de sulfate de zinc et de sulfate mercureux dans l'eau.

Construction de l'élément.

L'élément peut être convenablement monté dans un petit tube à essai d'environ 2 centimètres de diamètre et 4 à 5 centimètres de profondeur. Placer le mercure au fond du tube dont il remplira $0^{cm},5$; prendre dans un bouchon entrant exactement dans le tube un morceau de $0^{cm},5$; y percer l'un à côté de l'autre deux trous dans l'un desquels la baguette de zinc puisse passer très juste; le deuxième recevra un tube de verre recouvrant le fil de platine dont il sera parlé plus loin; y faire latéralement une entaille pour la sortie de l'air quand on poussera le bouchon dans le tube. Laver le bouchon à l'eau chaude et le laisser tremper dans l'eau plusieurs heures avant de s'en servir. Enfoncer la baguette de zinc dans son trou de façon qu'elle fasse saillie d'environ 1 centimètre.

Le contact avec le mercure est constitué par un fil de platine d'à peu près $0^{mm},8$ de diamètre. Il est protégé du contact avec les autres substances de la pile par un tube en verre qui l'entoure sur toute sa longueur, sauf à ses extrémités dont l'une vient sortir au dehors et l'autre va plonger, en même temps que la partie inférieure du tube de verre, dans le mercure.

Nettoyer soigneusement le tube de verre et le fil de platine, chauffer l'extrémité inférieure du fil de platine au rouge, la plonger dans le mercure en prenant soin qu'elle soit complètement couverte.

Prendre la pâte de sulfates et la verser dans le tube à essai, en évitant de salir la paroi supérieure, de façon à former au-dessus du mercure une couche de plus de 1 centimètre.

Introduire ensuite le bouchon avec la baguette de zinc, en faisant passer le tube de verre dans le trou ménagé à cet effet. Pousser doucement le bouchon jusqu'à ce que sa surface vienne toucher le liquide.

De cette façon, l'air sera complètement chassé, et l'élément devra rester ainsi au moins vingt-quatre heures avant d'être scellé, ce qui pourra être fait de la façon suivante.

Chauffer de la glu marine jusqu'à ce qu'elle devienne assez fluide pour couler par son propre poids, la couler dans le tube à essai sur le bouchon en quantité suffisante pour couvrir complètement le zinc et former de ce côté une soudure parfaite, d'où sort seulement le fil de cuivre fixé au zinc. Le tube de verre renfermant le fil de platine doit dépasser un peu la surface de la glu.

On peut sceller l'élément d'une façon plus définitive en recouvrant la glu marine, quand elle s'est refroidie, d'une solution de silicate de soude qu'on laisse solidifier.

L'élément ainsi construit peut être monté de telle manière que l'on désirera. Il est bon de faire le montage de sorte que l'élément puisse être plongé dans un bain d'eau jusqu'au niveau de la partie supérieure du bouchon. Sa température peut alors être connue avec plus de précision que quand il est simplement dans l'air.

Dans l'emploi de l'élément, il faut éviter autant que possible les variations brusques de la température.

La forme du vase contenant l'élément peut être variée. Dans la forme en H, le zinc est remplacé par un amalgame de 10 parties en poids de zinc dans 90 parties de mercure. Les autres matériaux sont préparés comme il a été dit. Les contacts sont établis, avec l'amalgame dans l'une des branches, avec le mercure dans l'autre, par des fils de platine scellés dans le verre.

LOI

POUR

L'ÉTABLISSEMENT, L'ENTRETIEN & L'EXPLOITATION DE CABLES

ENTRE

LA FRANCE, L'AMÉRIQUE DU NORD ET LES ANTILLES

PRÉCÉDÉE DE L'EXPOSÉ DES MOTIFS

EXPOSÉ DES MOTIFS DU PROJET DE LOI

L'attention du Parlement, aussi bien que celle du Gouvernement, s'est portée, à maintes reprises, sur l'insuffisance de notre réseau télégraphique sous-marin et sur les inconvénients si nombreux qui résultent de l'emprunt obligé et presque exclusif, sur tous les points, des lignes étrangères.

Cette sollicitude en faveur de la création ou du développement de lignes nationales reliant la métropole à ses possessions coloniales ou à certains pays d'outre-mer vers lesquels les nécessités commerciales ont fait naître un courant actif de relations, s'est manifestée surtout depuis le moment où, après de longues hésitations, l'industrie des câbles a réussi à s'établir en France. C'est, d'ailleurs, grâce à votre appui que cette industrie a pu faire déjà ses preuves définitives par la fabrication et l'établissement des câbles de Marseille à Oran, de Marseille à Tunis, d'Australie à la Nouvelle-

Calédonie et tout récemment de Majunga (île de Madagascar) à Mozambique, posés pour le compte ou avec l'appui financier de l'État.

Assuré de trouver ainsi désormais, sur notre territoire même, le concours matériel qui peut lui être nécessaire, le Gouvernement a pu se livrer à l'étude de certains projets d'organisation de nos relations télégraphiques sous-marines, et il a été amené à placer au premier rang de ses préoccupations l'amélioration des communications entre la France, l'Amérique du Nord et nos possessions de la mer des Antilles. Ce n'est point que l'insuffisance notoire de nos moyens d'action n'apparaisse d'une façon aussi évidente dans d'autres directions; mais en outre des raisons spéciales qui peuvent nous faire désirer de disposer à bref délai de communications sûres avec les États-Unis d'Amérique, il y a un haut intérêt immédiat à ce que le trafic important qui s'échange entre l'Europe et la région nord de l'Amérique ne s'éloigne pas, faute de débouchés, de notre pays qui est, pour une grande partie, sa route naturelle.

Actuellement ce trafic n'a pour voies de sortie à partir de France que l'unique câble français qui relie Brest à Saint-Pierre et au continent américain, et les câbles étrangers de Brest à Salcombe (Angleterre) et du Havre à Waterville (Irlande) qui viennent dériver au profit des grandes lignes anglo-américaines une partie importante du trafic français ou transitant par la France qui devrait normalement revenir à des câbles directs partant de nos côtes.

Si l'on considère que le réseau transatlantique étranger, qui s'est tout récemment accru de deux nouveaux conducteurs à grande capacité de transmission, com-

prend onze câbles; que nous ne disposons, pour notre part, que d'une ligne unique sectionnée à Saint-Pierre et que diverses circonstances ont jusqu'à ce jour soustraite à l'action de l'administration française, on aperçoit aisément la grande insécurité de notre système transatlantique, s'il est permis d'appliquer ce mot à une organisation aussi restreinte et aussi précaire que celle que nous possédons. Un seul câble ne peut, en effet, dans aucun cas, garantir la permanence des relations qui se trouvent ainsi à la merci du moindre accident. Une semblable situation, qui, si elle devait se prolonger, jetterait sur notre voie une défaveur complète, aurait pour résultat, entre autres graves inconvénients sur lesquels il nous paraît inutile d'insister, de détourner rapidement le trafic, de priver le Trésor français du bénéfice que son transit lui procure et, perspective plus attristante, de déplacer même la clientèle française et de nous priver des ressources sur lesquelles nous pouvons encore compter pour la création de voies nationales nouvelles.

Ces considérations ont amené le Gouvernement à entrer en négociations avec la Compagnie française des câbles télégraphiques qui a organisé, de sa propre initiative, il y a plusieurs années, un ensemble important de communications entre divers pays de la mer des Antilles et notamment, avec l'appui même de l'État, les lignes qui rattachent au réseau général les colonies que nous possédons dans ces parages. Cette compagnie qui, en outre, a depuis longtemps conçu le projet, pour se soustraire à la dépendance des sociétés étrangères, d'établir des relations directes entre son réseau des Antilles et les États-Unis de l'Amérique du Nord par une communication spéciale et indépendante abou-

tissant soit sur un point du littoral américain, soit à Saint-Pierre, a, d'autre part, ramené dans sa sphère d'action la ligne transatlantique reliant Brest à Saint-Pierre et à l'Amérique et elle en assure aujourd'hui l'exploitation.

Cette concentration aux mains d'une compagnie nationale des diverses lignes françaises existant dans la direction de l'Amérique du Nord et de l'Amérique centrale, les améliorations ou extensions nouvelles qu'elle a projetées directement ont marqué un effort qu'il a paru utile non seulement d'encourager, mais surtout de faire tourner au profit de l'intérêt général.

C'est dans ce but qu'a été négociée et conclue la convention ci-jointe que nous avons l'honneur de soumettre à votre haute approbation. Elle a été préparée avec la pensée de faire concourir à la mise en exploitation d'un nouveau câble direct entre la France et l'Amérique tous les moyens d'action dont la compagnie française dispose déjà ou disposera prochainement, de manière à réaliser cette importante opération aux conditions les plus avantageuses pour l'intérêt public.

Cette convention, dont la durée est fixée à trente ans, oblige, dans ses dispositions principales, la compagnie :

1° A poser entre Brest et le cap Cod (États-Unis), dans le délai maximum de deux ans à partir de la date d'approbation, un nouveau câble absolument direct, c'est-à-dire sans atterrissement intermédiaire, et à grande capacité de transmission ;

2° A entretenir sa ligne actuelle Brest-Saint-Pierre cap Cod et au besoin à pourvoir à son remplacement et à entretenir également, pendant la durée du con-

trat, la section annexe existante de Saint-Pierre au cap Canso;

3° A justifier de la mise en service, dans le même délai maximum de deux ans, d'une communication sous-marine de jonction entre ses lignes des Antilles et les câbles transatlantiques, communication qui fait défaut aujourd'hui et qui laisse isolées les deux grandes fractions de son réseau.

L'importance de ces obligations et les avantages qui doivent en découler pour l'État ne peuvent manquer de retenir votre attention.

L'engagement prévu au paragraphe 1er précité nous permettra de disposer d'une communication sûre et rapide qui assurera désormais la permanence régulière des échanges par voie française, d'écouler par des lignes nationales un trafic qui, par suite de l'insuffisance et de l'insécurité de nos moyens actuels, se disperse aujourd'hui sur les lignes étrangères, et surtout de conserver une circulation télégraphique que la France doit à la position géographique exceptionnelle de son territoire et qu'il y a un intérêt de premier ordre à ne pas laisser se dévoyer.

L'obligation inscrite au paragraphe 2 prévoit le maintien en service, pendant toute la durée du contrat qui vous est soumis, de l'unique communication existant actuellement. Elle a une valeur exceptionnelle, car elle garantit la continuité d'exploitation d'un câble dont l'existence déjà longue permettait d'envisager dès maintenant le terme probable de sa durée et qu'aucune clause de la concession primitive d'atterrissage n'obligeait la compagnie à maintenir en service ou à renouveler.

La stipulation qu'édicte le paragraphe 3 présente

l'avantage, d'une part, d'assurer par des lignes exclusivement nationales les relations de la métropole et de ses colonies des Antilles et de la Guyane, d'autre part, de créer, au seul profit de nos câbles transatlantiques, un nouvel affluent qui leur amènera le trafic de tous les pays desservis par le réseau de la compagnie française dont les sociétés étrangères ont aujourd'hui le monopole.

L'établissement du câble transatlantique de Brest au cap Cod, qui est la seule des opérations projetées par la compagnie dont l'État ait à se préoccuper au point de vue financier, entraînera une dépense qui est évaluée à 20 millions. Les charges annuelles de ce capital, les frais d'entretien, et d'exploitation du nouveau câble ainsi que du câble existant dont le maintien en service est prévu au contrat, le renouvellement restant à la charge de la compagnie, représentent une annuité de 2.450.000 francs. D'autre part, les recettes déjà acquises s'élèvent à 1.650.000 francs. Il nous a paru, dans ces conditions, que la quotité de la subvention devrait être représentée par la différence entre ces deux chiffres, soit 800.000 francs. Cette subvention serait atténuée au delà du montant des produits déjà réalisés, soit 1.650.000 francs, par un prélèvement, au profit de l'État, des deux tiers des recettes réalisées sur les deux câbles transatlantiques de la compagnie; le fonctionnement en serait ainsi suspendu au delà du chiffre de 2.850.000 francs.

Vous remarquerez qu'en vertu de cette combinaison, un tiers des recettes est attribué à la compagnie pendant que l'État peut encore, tout au moins théoriquement, supporter une part de charge. Il nous a paru qu'il convenait, dans l'intérêt même du Trésor, d'amener par

un encouragement immédiat l'association des efforts de la compagnie à ceux de l'administration pour faire cesser complètement et dans le plus bref délai possible le jeu de la subvention. La participation admise, au profit des concessionnaires, dans les recettes réalisées au delà du minimum prévu, permettra d'atteindre ce résultat.

Reste à savoir, et c'est la question qui, à juste titre, peut solliciter vos préoccupations, dans quelle limite cette subvention pourra fonctionner réellement. Il est tout d'abord un fait acquis et rassurant, c'est que, dans les conditions les moins favorables, elle ne sera jamais soldée en totalité. En effet, le minimum de produits de 1.650.000 francs en deçà duquel le payement intégral devrait être fait par l'État est déjà, comme nous l'avons indiqué, atteint par les recettes énumérées du câble actuel de la compagnie dont le chiffre s'élève à 950.000 francs et par le montant de la valeur des télégrammes dont l'administration confiera l'abonnement à la compagnie en exécution des dispositions de l'article 9 de la convention.

Si l'on tient compte, en outre, que la compagnie prend l'engagement de diriger par les lignes subventionnées tout le trafic qu'elle pourra directement recueillir, sous la seule réserve de l'observation des règles de l'union télégraphique; que la part nouvelle de ce trafic, que les avantages de rapidité et d'économie de la ligne de jonction amèneront forcément sur les câbles français du Nord-Atlantique, peut être évaluée immédiatement, dans les conditions d'appreciation les plus prudentes, à 240.000 francs; que le transit français s'accroîtra forcément par suite de l'incontestable supériorité du débouché nouveau qui

va lui être offert; enfin que la compagnie elle-même pourra acquérir en Amérique une certaine circulation de retour, on peut, sans témérité, envisager comme prochain le terme où le Trésor n'éprouvera, du fait de l'acceptation du projet qui vous est soumis, aucune charge, tout au moins appréciable, tant grâce aux recettes propres de l'entreprise que grâce à l'accroissement du transit et au bénéfice que lui procurera le produit supplémentaire correspondant.

La convention prévoit de nombreux avantages au profit de l'État; il nous apparaît superflu d'en donner ici le détail qui se trouve indiqué dans le contrat lui-même. Nous vous signalerons seulement l'obligation imposée à la compagnie de prélever sur ses recettes, à partir du jour où la subvention cessera d'être payée, une somme de 50 p. 100 applicable à la constitution d'un fonds de réserve. Ce fonds qui a une affectation déterminée et qui restera placé sous le contrôle du Gouvernement, servira notamment à parer aux aléas qui pourraient avoir pour conséquence de faire, à une époque quelconque, fonctionner à nouveau la subvention en totalité ou en partie.

En résumé, le concours que nous demandons au Trésor pour aider la compagnie dans l'œuvre qu'elle va entreprendre, est certainement bien plus nécessaire comme marque d'encouragement que comme subvention effective. Des études très approfondies l'ont démontré et l'on voit par les charges mêmes assumées par eux que les intéressés partagent notre confiance dans l'heureux résultat financier de l'opération. Le patronage de l'État est cependant, à l'heure actuelle, indispensable. Il l'est surtout pour donner à l'industrie des câbles, toute nouvelle dans notre pays, les moyens

de prendre son essor et pour l'amener ainsi à pouvoir prêter au Gouvernement la collaboration matérielle qui lui est nécessaire afin de mettre en valeur les ressources dont il dispose et dont, à défaut d'elle, il ne pourrait tirer parti au profit de l'intérêt national.

Apprécié d'ailleurs en lui-même et abstraction faite de toutes autres considérations, le chiffre de la subvention peut être considéré comme très réduit, en remarquant que, pour la valeur qu'il représente, l'État obtient la pose d'un nouveau câble transatlantique évalué à 20 millions de francs, le renouvellement éventuel du câble existant, dépense qui peut s'élever approximativement à 10 millions, et enfin l'établissement d'une communication de jonction entre nos lignes transatlantiques et les lignes françaises du réseau des Antilles estimée à 6 millions.

En vous présentant le projet dont nous venons d'esquisser les grandes lignes, nous sommes persuadés d'avoir gardé, dans la préparation des arrangements d'exécution, un souci étroit des intérêts du Trésor. Permettez-nous cependant de vous dire que la question mérite de ne pas être examinée à ce seul point de vue. L'opération dont le Gouvernement poursuit la réalisation est, à des titres très divers, une œuvre nécessaire pour le pays, et nous avons la confiance que vous l'examinerez avec la même sollicitude que vous avez toujours témoignée pour tout ce qui touche à sa sécurité.

PROJET DE LOI.

Article unique. — Est approuvée la convention annexée à la présente loi conclue le 2 juillet 1885 entre le ministre du commerce, de l'industrie, des

postes et des télégraphes et la compagnie française des câbles télégraphiques pour l'établissement, l'entretien et l'exploitation, pendant trente ans, de câbles télégraphiques sous-marins entre la France, l'Amérique du Nord et les Antilles.

Cette convention sera enregistrée au droit fixe de 3 francs.

LOI

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE UNIQUE. — Sont approuvés :

1° La convention annexée à la présente loi, conclue le 2 juillet 1895, entre le Ministre des postes et des télégraphes et la compagnie française des câbles télégraphiques, pour l'établissement, l'entretien et l'exploitation, pendant trente ans, de câbles télégraphiques sous-marins entre la France, l'Amérique du Nord et les Antilles ;

2° L'avenant, signé les 19 et 20 décembre 1895 à cette convention du 2 juillet 1895 et annexé à la présente loi.

Cette convention et cet avenant seront enregistrés au droit fixe de trois francs (3 fr.).

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 28 mars 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,
G. MESUREUR.

Le Ministre des finances,
PAUL DOUMER.



CONVENTION

relative à l'établissement, l'entretien et l'exploitation de communications télégraphiques sous-marines entre la France, l'Amérique du Nord et les Antilles.

Entre M. Jules de Selves, directeur général des postes et des télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,

D'une part,

et MM. l'amiral J. Caubet, président du conseil d'administration de la Compagnie française des câbles télégraphiques, société anonyme au capital de vingt-quatre millions de francs (24.000.000 de fr.) dont le siège est à Paris, avenue de l'Opéra, n° 38, et J. Depelley, administrateur-directeur de ladite Compagnie, agissant tous deux au nom et pour le compte de cette Compagnie en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés,

D'autre part,

Il a été convenu et arrêté ce qui suit :

Art. 1er. — La Compagnie française des câbles télégraphiques est autorisée et s'engage à faire atterrir en France, près de Brest, un câble reliant directement la France aux États-Unis de l'Amérique du Nord et atterrissant près du cap Cod, à l'entretenir et à l'exploiter pendant trente années. Ce câble transatlantique sera prolongé jusqu'à New-York par des lignes terrestres ou sous-marines spéciales et indépendantes de celles que possède actuellement la Compagnie.

La Compagnie s'engage en outre :

1° A exploiter les câbles existant actuellement et lui appartenant entre Brest et Saint-Pierre, Saint-

Pierre et Cap-Cod, Saint-Pierre et Canso, à entretenir ces deux premiers câbles dans les conditions nécessaires pour les maintenir en service, comme lignes auxiliaires, jusqu'à l'établissement du câble transatlantique de remplacement prévu par l'article 9 ci-après, et à entretenir également dans les mêmes conditions le câble de Saint-Pierre à Canso, pendant la durée de la présente convention.

2° A justifier, dans le délai maximum de deux ans à partir du jour où la présente convention sera devenue définitive, qu'il a été posé et livré à l'exploitation un câble indépendant des communications existant actuellement, rattachant le réseau que la Compagnie possède dans la mer des Antilles à ses lignes transatlantiques, et que ce câble a été prolongé jusqu'à l'un des bureaux desservant ces lignes dans des conditions telles que l'échange des télégrammes s'effectue sans intermédiaire.

Art. 2. — La durée de la présente convention est fixée à trente ans, qui courront, ainsi que le délai dont il est question à l'article précédent, du jour où les nouvelles lignes seront mises en service.

Les autorisations accordées par les présentes ne comportent aucun droit exclusif. Le gouvernement français entend se réserver entièrement la faculté de donner toutes autres autorisations d'atterrissement, ainsi qu'il le jugera convenable.

Art. 3. — Les lignes nouvelles visées à l'article premier seront mises en service dans un délai maximum de deux ans, qui courra du jour de la promulgation, au *Journal officiel*, de la loi portant approbation de la présente convention.

Art. 4. — Les nouveaux câbles seront entièrement

construits dans des usines situées sur le territoire français. Ils seront posés par des bateaux dont l'un aù moins sera français et par un personnel français.

L'entretien des anciennes et nouvelles lignes sous-marines de la Compagnie appartenant à son réseau transatlantique ou à son réseau des Antilles sera assuré par des bateaux et un personnel français, et les câbles de remplacement devront avoir été fabriqués en France.

ART. 5. — La Compagnie s'engage à maintenir son siège social en France et à n'avoir que des administrateurs français.

Elle ne pourra céder aucun des droits résultant de la présente convention, ni affermer ses lignes qui y sont visées, ni celles qui leur servent d'affluents, ou fusionner ses intérêts avec ceux d'aucune autre compagnie, soit française, soit étrangère, sans le consentement exprès et écrit du gouvernement français.

Elle s'engage en outre à n'entreprendre, soit directement, soit indirectement, pendant tout le temps où la présente convention sera en vigueur, l'établissement d'aucune ligne pouvant réduire le trafic des lignes transatlantiques visées à l'article premier sans une autorisation expresse et donnée par écrit du gouvernement français.

ART. 6. — Le gouvernement français accorde à la Compagnie pour la pose, l'entretien et l'exploitation du câble de Brest à Cap-Cod une subvention annuelle de huit cent mille francs (800.000 fr.) pendant trente ans à partir de la date de mise en service de ce câble et de la ligne de jonction entre son réseau des Antilles et ses câbles transatlantiques.

Les deux tiers des recettes brutes annuelles prove-

nant du produit de la transmission des télégrammes par les câbles transatlantiques de la Compagnie au delà d'un million six cent cinquante mille francs (1.650.000 fr.) viendront en déduction de la subvention visée au premier alinéa du présent article. En conséquence, le paiement de cette subvention sera suspendu durant les années où les recettes de ces câbles atteindront deux millions huit cent cinquante mille francs (2.850.000 fr.).

Art. 7. — Lorsque les recettes brutes annuelles dont il s'agit à l'article précédent dépasseront deux millions huit cent cinquante mille francs (2.850.000 fr.), la Compagnie s'oblige à prélever annuellement, sur l'excédent réalisé au delà de ce chiffre, cinquante pour cent (50 p. 100) pour former un fonds spécial de réserve. Ce fonds sera constitué sous le contrôle du Ministre des postes et des télégraphes, d'accord avec le Ministre des finances, en rentes sur l'État français et en valeurs garanties par l'État français ou en obligations de villes ou départements de France, de chemins de fer français ou de Crédit foncier de France. Les intérêts produits se joindront au fonds chaque année.

Ce fonds spécial sera destiné :

1° Soit à l'atténuation de la subvention si elle venait à fonctionner à nouveau ;

2° Soit aux améliorations d'exploitation et aux extentions du réseau de la Compagnie, notamment à la fabrication et à la pose du câble transatlantique prévu à l'article 9 ci-après.

Il ne pourra être employé en tout ou en partie qu'avec l'autorisation écrite du Ministre des postes et des télégraphes

La quotité du prélèvement prévu au paragraphe

premier du présent article pour l'alimentation du fonds de réserve sera réduite de cinquante pour cent (50 p. 100) à trente-trois pour cent (33 p. 100) à partir du moment où le câble transatlantique de remplacement ci-dessus visé aura été mis en service.

Art. 8. — En vue de constituer le capital nécessaire à l'établissement de la nouvelle ligne transatlantique, la Compagnie pourra émettre des obligations pour une somme n'excédant pas vingt millions de francs (20.000.000 de fr.). La subvention de l'État devra être spécialement affectée au service de l'intérêt et de l'amortissement de ces obligations et sera complétée par telle partie des recettes des câbles transatlantiques qui sera nécessaire pour parfaire ledit service d'intérêt et d'amortissement.

Lorsque, par suite de l'accroissement des recettes, la subvention de l'État ne sera plus payée qu'en partie ou même cessera complètement d'être payée, par application de l'article 6 précédent, paragraphe 2, la Compagnie devra opérer tout d'abord sur les recettes de ses lignes transatlantiques et affecter au service des obligations, dont l'émission est prévue, le prélèvement nécessaire pour parfaire ou constituer la somme de huit cent mille francs (800.000 fr.) montant de la dite subvention.

La Compagnie devra, pour toutes les opérations concernant les dites obligations, se conformer aux prescriptions du Ministre des finances.

Art. 9 — Pendant la durée de la présente convention, l'Administration des postes et des télégraphes acheminera de préférence par les lignes de la Compagnie les télégrammes pour l'Amérique du Nord et les pays baignés par la mer des Antilles pour lesquels les expédi-

teurs n'auront pas désigné de voie, sous la réserve que la rapidité de transmission sera égale à celle des autres voies et que les tarifs ne seront pas plus élevés.

De son côté, la Compagnie dirigera par ses lignes transatlantiques tout le trafic recueilli par elle sur tous les points desservis par ses câbles et à destination de l'Europe ou devant emprunter les lignes du réseau européen, à moins que les expéditeurs n'aient désigné une autre voie ou que, par suite d'interruption ou pour toute autre cause, l'acheminement par la voie indiquée ne soit manifestement préjudiciable à la transmission rapide et régulière des télégrammes dont il s'agit.

Lorsque le produit brut des recettes visées à l'article 6 aura atteint annuellement, pendant deux années consécutives, quatre millions cinq cent mille francs (4.500.000 fr.) le Gouvernement français pourra mettre la compagnie en demeure de poser dans un délai de dix-huit mois le nouveau câble transatlantique qui est destiné à remplacer le câble actuel de Brest-Saint-Pierre - Cap - Cod.

Le tracé de ce câble sera déterminé d'un commun accord entre l'administration française et la Compagnie. Il sera construit et posé dans les mêmes conditions de contrôle que le câble direct, et son exploitation sera soumise aux mêmes règles et conditions.

Art. 10 — Les télégrammes d'État émis par les agents français jouiront d'une réduction de soixante-quinze pour cent (75 p. 100) sur la taxe ordinaire pour leur transmission sur les lignes sous-marines et terrestres reliant la France au continent américain.

Ils bénificieront, dans tous les cas, sur l'ensemble des autres lignes de la Compagnie, de la réduction la

plus considérable consentie par la compagnie au profit d'un gouvernement étranger. Cette réduction, pour les télégrammes d'État émis par les agents français ne pourra être inférieure à cinquante pour cent (50 p. 100) du tarif normal.

ART. 11 — Comme garantie des engagements pris par la Compagnie, celle-ci versera à la Caisse des dépôts et consignations, dans le délai d'un mois qui suivra la signature de la présente convention, un cautionnement de quatre cent mille francs (400.000 fr.).

Ce cautionnement lui sera remboursé lorsque la nouvelle ligne transatlantique aura été mise en service.

ART. 12 — En cas de retard dans la mise en service des lignes visées par la présente convention, la Compagnie aura à payer une amende de mille francs (1.000 fr.) par journée de retard.

Si le retard excède six mois, la convention pourra être annulée par simple décision du Ministre des postes et des télégraphes, sans que l'État soit tenu à aucun remboursement ou indemnité à l'égard de la compagnie. Le cautionnement sera acquis au Trésor français.

ART. 13. — Au cas d'une interruption d'une durée de plus de quatre-vingt dix jours (90) sur l'une des communications établies en vertu de la présente convention, une amende de mille francs (1.000 fr.) par jour, applicable à partir du premier jour d'interruption, frapperait la compagnie si elle ne justifiait pas d'un cas de force majeure l'ayant empêchée de procéder à la réparation.

Une amende de cinq cents francs (500 fr.) serait applicable dans les mêmes conditions au cas d'une interruption de même durée, tant sur chacun des câbles reliant Brest à Saint-Pierre et Saint-Pierre au Cap-Cod

jusqu'au moment du remplacement de ces câbles que sur le câble de Saint-Pierre à Canse. Cette amende sera portée à mille francs (1.000 fr.) par jour dès le premier jour de l'interruption si ces câbles n'étaient pas réparés dans un délai de neuf mois.

Les amendes susvisées seront imputées sur les sommes à payer à la compagnie par le Trésor français à quelque titre que ce soit.

Art. 14. — Le Gouvernement se réserve la faculté d'organiser tel contrôle qu'il jugera convenable pour assurer l'exécution du présent contrat.

Art. 15. — Les conditions d'établissement et d'entretien et d'exploitation des lignes, l'organisation et la durée du service, le régime des tarifs et le contrôle, ainsi que la perception des taxes et les relations avec le public en territoire français seront déterminées par le cahier des charges approuvé par le Ministre des postes et des télégraphes, dont la Compagnie française des câbles télégraphiques accepte toutes les clauses et conditions. Ce cahier des charges aura même valeur que la présente convention.

Art. 16. — La présente convention ne sera définitive qu'après avoir été approuvée par une loi.

Art. 17. — Le Ministre des postes et des télégraphes pourra prononcer l'annulation pure et simple de la présente convention ou la mise en régie de l'exploitation et de l'entretien des lignes transatlantiques :

1° Au cas où la ligne de Brest-Cap-Cod et la ligne de jonction seraient l'une ou l'autre interrompues pendant plus d'une année, sauf le cas de force majeure dûment justifié et résultant d'événements exceptionnels ;

2° Au cas où, après l'établissement du nouveau câble transatlantique prévu à l'article 9, les deux

nouvelles lignes transatlantiques seraient interrompues simultanément pendant plus de trois mois, sauf le cas de force majeure dûment justifié ;

3° Au cas de non observation de l'une des clauses essentielles de la présente convention formulée dans les articles 4, 5 et 9, deuxième alinéa de la convention.

ART. 18. — Les contestations qui s'élèveraient entre le Gouvernement et la Compagnie française des câbles télégraphiques au sujet de l'application de la présente convention ou du cahier des charges susvisé seront jugées par le Conseil d'État.

ART. 19. — La présente convention sera enregistrée au droit fixe de 3 francs.

Les frais de timbre et d'enregistrement seront à la charge de la Compagnie française des câbles télégraphiques.

Fait à Paris. le 2 juillet 1895.

L'Administrateur-Directeur,

J. DEPELLEY.

Le Président,

J. CAUBET.

Approuvé :
Paris, le 2 juillet 1895.
Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,

ANDRÉ LEBON.

Le Directeur général des postes et des télégraphes

J. DE SELVES.

Enregistré à Paris, Bureau des Actes administratifs, le 14 avril 1896, fol. 22-18 (Loi du 28 mars 1896).

MORIN.

CAHIER DES CHARGES

pour l'exécution de la Convention conclue le 2 juillet 1896 entre l'État et la Compagnie française des câbles télégraphiques.

CONSTRUCTION ET ÉTABLISSEMENT DES NOUVELLES LIGNES.

ART. 1er. — Les nouveaux câbles seront neufs et construits conformément aux règles de l'art.

La Compagnie devra présenter à l'Administration des postes et télégraphes des échantillons de deux mètres (2^{m}) de longueur des divers types de câbles qu'elle compte employer suivant la nature et la profondeur des fonds ainsi qu'une notice résumant les conditions mécaniques et électriques auxquelles ils satisfont.

Le conducteur électrique du câble transatlantique de Brest à Cap-Cod sera formé par un toron de cuivre de haute conductibilité pesant au moins trois cents kilogrammes (300^{kg}) par mille marin de mille huit cent cinquante-deux mètres (1.852^{m}). Ce conducteur sera entouré de gutta-percha de premier choix, à raison de cent quatre-vingts kilogrammes (180^{kg}) au moins par mille marin.

La vitesse de transmission déterminée expérimentalement après la pose du câble en se servant des appareils de transmission actuellement en usage ne devra pas être inférieure à trois cents signaux (300^{s}) par minute.

ART. 2. — Les ingénieurs des télégraphes désignés par l'Administration seront admis à suivre les opérations de fabrication des câbles dans les usines chargées par la Compagnie d'effectuer cette fabrication. La

Compagnie devra prévenir l'Administration du commencement des travaux.

Un local pour l'essai de l'âme et des câbles sera mis, s'il y a lieu, par les soins de la Compagnie à la disposition de ces fonctionnaires ainsi que tous les appareils et instruments, y compris la pile nécessaire pour les essais.

L'Administration des postes et des télégraphes pourra également désigner des ingénieurs pour suivre dans tous leurs détails les travaux d'immersion et d'entretien. Le nombre de ces fonctionnaires ne pourra excéder trois (3). Leur présence dans les usines ou à bord des bâtiments n'impliquera aucune responsabilité de l'État dans les opérations auxquelles ils auront assisté.

La Compagnie devra communiquer à l'Administration des postes et des télégraphes le tracé projeté des câbles ; elle fournira en outre une carte des sondages et, lorsque l'opération sera terminée, une carte du tracé définitif, une copie du journal d'immersion et un relevé du tracé des lignes terrestres.

Les cartes des points d'atterrissement seront données à une échelle suffisamment grande.

Il est interdit à la Compagnie de communiquer à qui que ce soit ces documents sans le consentement exprès et par écrit du Gouvernement français.

Art. 3. — Le point d'atterrissement sur la côte de France et le tracé de la ligne terrestre seront déterminés par l'Administration des postes et des télégraphes sur la proposition de la Compagnie qui fournira les cartes et plans nécessaires.

Art. 4. — Le câble sera prolongé souterrainement à partir de son point d'atterrissement sur les côtes de

France jusqu'au bureau télégraphique d'exploitation suivant les dispositions approuvées par l'Administration.

Art. 5. — Les dépenses de toute nature résultant de la construction, de l'entretien ou des modifications des lignes terrestres destinées au raccordement des câbles avec les bureaux télégraphiques seront à la charge de la Compagnie.

Celle-ci participera aux frais de location de l'emplacement qui lui sera réservé dans les bureaux télégraphiques de l'État. Le loyer sera fixé par décision ministérielle.

ENTRETIEN.

Art. 6. — La Compagnie assurera dans les meilleures conditions l'entretien des lignes visées dans la convention fixant les conditions d'établissement du nouveau câble de Brest au Cap-Cod et fera toutes diligences pour procéder dans le plus bref délai possible au relèvement des dérangements qui pourront affecter lesdites lignes.

Elle sera tenue à cet effet d'avoir en permanence deux bâtiments bien outillés et aménagés, constamment prêts à prendre la mer dans un délai de six jours, pour procéder aux réparations. L'un de ces bâtiments stationnera sur les côtes de France et l'autre sur les côtes d'Amérique.

Les bâtiments devront toujours être munis d'un approvisionnement suffisant des différents types de câbles pouvant être employés pour les réparations.

Art. 7. — La Compagnie avisera le Gouvernement français de toute interruption de service affectant l'un quelconque des câbles lui appartenant dans les vingt-

quatre heures qui suivront le moment où l'interruption se sera produite.

Elle informera le Gouvernement dans le même délai de la date du rétablissement de la communication.

EXPLOITATION.

ART. 8. — La Compagnie fera usage des appareils les plus rapides et appliquera les procédés les plus perfectionnés pour la transmission des télégrammes ou pour la jonction des lignes entre elles.

Le service sera permanent de jour et de nuit sur les lignes transatlantiques. Il ne pourra être inférieur à douze heures par jour sur les autres lignes.

A la station de Saint-Pierre, le service sera organisé en tout temps de manière que cette station puisse effectuer sans retard le passage des télégrammes échangés entre la France et l'Amérique en cas d'interruption du câble direct.

ART. 9. — La Compagnie appliquera sur toutes les lignes lui appartenant les prescriptions de la convention télégraphique de Saint-Pétersbourg et celles relatives au règlement du service et aux tarifs annexés à cette convention et revisés à Paris en 1890 ou de tous autres actes internationaux par lesquels ils seraient ultérieurement remplacés.

ART. 10. — La Compagnie n'emploiera, sauf exceptions autorisées par l'Administration des postes et des télégraphes pour le service des stations situées sur le territoire français, que des agents de nationalité française agréés par cette Administration. La même condition de nationalité sera exigée des agents employés dans les stations des colonies françaises dans un délai qui sera fixé par l'Administration des postes et des télégraphes.

Dans les autres stations, tous les agents employés par la Compagnie devront être, autant que possible, de nationalité française.

TARIFS.

ART. 11. — Les taxes seront les mêmes pour tous sans distinction ni préférence.

ART. 12. — La Compagnie fixera elle-même les tarifs. Toutefois, ceux applicables au transit des câbles transatlantiques ne devront pas être supérieurs à ceux en vigueur à la date du présent cahier des charges. Aucune modification ne pourra y être apportée qu'après approbation de l'Administration des postes et des télégraphes.

La Compagnie ne pourra, sans autorisation écrite de l'Administration des postes et des télégraphes, relever les taxes en vigueur dans chaque relation sur son réseau des Antilles à la date du présent cahier des charges, ces taxes étant considérées comme des maxima.

Elle fera connaître la part de taxe revenant à cette même date à chaque section de ligne pour tous les points desservis ainsi que toutes les modifications ultérieures.

La taxe appliquée sur chaque section de ligne pour les télégrammes échangés entre la France et ses colonies ne pourra en aucun cas excéder la part de taxe applicable à un autre télégramme de même nature, quelles qu'en soient l'origine et la destination, pour son parcours sur la même section.

Pour les lignes à ouvrir ultérieurement en prolongement de ses lignes existantes, la Compagnie soumettra à l'approbation de l'Administration des postes et des télégraphes les tarifs maxima applicables à chacune de ces nouvelles lignes.

ART. 13. — Une réduction sur le tarif applicable aux télégrammes privés ordinaires pourra être accordée aux télégrammes de presse sur les câbles transatlantiques de la Compagnie.

Une réduction équivalente s'appliquera pour le parcours des autres câbles du réseau de la Compagnie aux télégrammes de même catégorie à destination des colonies françaises, de la Martinique, de la Guadeloupe et de la Guyane.

Ces télégrammes devront remplir les conditions préalablement arrêtées entre l'Administration des postes et des télégraphes et la Compagnie.

CONTRÔLE ET COMPTABILITÉ.

ART. 14. — Le contrôle prévu par la convention pourra s'exercer sur toutes les parties du service des câbles visés par ladite convention et portera sur l'exécution des engagements de toute nature pris par la Compagnie. Les délégués de l'Administration des postes et des télégraphes devront êre admis dans tous les bureaux-guérites d'atterrissement desservant lesdits câbles et dans les navires de réparation de la Compagnie.

La Compagnie se soumettra à toutes les mesures de comptabilité que l'Administration des postes et des télégraphes jugera nécessaires pour l'exercice de ce contrôle, notamment à l'obligation de tenir les registres, procès-verbaux, document de service des stations à la disposition constante des représentants de l'État dûment accrédités, soit sur place, soit par voie de copie ou d'extrait.

Elle sera tenue de rembourser sur simple avis les frais afférents au contrôle. Toutefois ces frais ne

pourront dépasser dix mille francs (10.000 fr.) par an.

Art. 15. — L'échange des comptes entre l'Administration des postes et des télégraphes et la Compagnie se fera trimestriellement.

Les sommes à payer à la Compagnie à titre de subvention seront déterminées annuellement aussitôt après le règlement des comptes du quatrième trimestre de chaque année.

La part afférente au premier semestre pourra être fixée provisoirement et payée à titre de provision après le règlement des comptes du deuxième trimestre.

La subvention commencera à courir du jour où les nouvelles lignes seront mises en service et aura la même durée que la convention. La fraction qui pourra en être due pour la première année et pour celle où le traité prendra fin sera déterminée proportionnellement au nombre de jours pendant lesquels cette convention produira son effet.

DISPOSITIONS DIVERSES.

Art. 16. — L'Administration des postes et des télégraphes sera en France l'intermédiaire obligée entre la Compagnie et le public.

La Compagnie conservera exclusivement l'entretien de ses lignes et la manipulation de ses câbles et de ses lignes terrestres.

Art. 17. — La Compagnie devra se soumettre, pour toutes les lignes sous-marines lui appartenant, à toutes les dispositions de la convention internationale pour la protection des câbles sous-marins conclue à Paris le 14 mars 1884, ainsi qu'aux modifications qui pourront être apportées à cet acte par suite d'un accord international.

Elle devra notamment installer à ses frais les bouées et balises que le Gouvernement français jugera nécessaires.

Dans aucun cas le Gouvernement français ne sera soumis à une responsabilité quelconque en raison des difficultés qui pourront surgir, pour quelque cause que ce soit, entre la Compagnie et les propriétaires d'autres lignes.

Art. 18. — Au cas où le Gouvernement français, usant de la faculté qui lui est réservée par les articles 7 et 8 de la convention de Saint-Pétersbourg, suspendrait tout ou partie du service télégraphique sur les câbles transatlantiques, aucune indemnité ne serait due à la Compagnie ; mais le fonctionnement du service de la subvention ne serait pas interrompu.

Art. 19. — En cas de guerre, les agents de la Compagnie attachés aux stations situées en territoire français seront assimilés aux agents de l'Administration des postes et des télégraphes.

Art. 20. — La Compagnie sera tenue de transmettre gratuitement sur ses câbles les télégrammes météorologiques échangés entre la France et un observatoire à désigner aux Antilles, sous la réserve que cet échange sera limité à vingt mots par jour et en un ou plusieurs télégrammes.

Fait à Paris, le 2 juillet 1895.

Accepté par la Compagnie française des câbles télégraphiques,

L'Administrateur-Directeur,
Depelley.

Le Président,
J. Caubet.

Approuvé :
Paris, le 2 juillet 1895,
Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,
André Lebon.

Le Directeur général des postes et des télégraphes,
J. de Selves.

AVENANT

à la Convention conclue à Paris, le 2 juillet 1895, entre l'État et la Compagnie française des câbles télégraphiques, en vue de l'établissement, de l'entretien et de l'exploitation de communications télégraphiques sous-marines entre la France, l'Amérique du Nord et les Antilles.

Le texte des articles 7, 11, 15 et 17 de la convention du 2 juillet 1895 est remplacé par le texte suivant :

Art. 7. — Lorsque les recettes brutes annuelles dont il s'agit à l'article précédent, dépasseront deux millions huit cent cinquante mille francs (2.850.000 fr.), la Compagnie s'oblige à prélever annuellement cinquante pour cent (50 p. 100) de l'excédant réalisé au-delà de ce chiffre pour être affecté : en premier lieu au remboursement, jusqu'à due concurrence, du capital versé les années précédentes à titre de subvention, en vertu de l'article 6 sus-énoncé ; en second lieu, et après ce remboursement complet, à la formation d'un fonds spécial de réserve, lequel sera constitué, sous le contrôle du Ministre des postes et des télégraphes d'accord avec le Ministre des finances, en rentes sur l'État français et en valeurs garanties par l'État français ou en obligations de villes ou départements de France, de chemins de fer français ou du Crédit foncier de France. Les intérêts produits se joindront au fonds de chaque année.

Ce fonds spécial sera destiné :

1° Soit à l'atténuation de la subvention si elle venait à fonctionner à nouveau ;

2° Soit aux améliorations d'exploitation et aux extensions du réseau de la Compagnie, notamment à la fabrication et à la pose du câble transatlantique prévu à l'article 9 ci-après.

Il ne pourra être employé en tout ou en partie qu'avec l'autorisation écrite du Ministre des postes et des télégraphes.

La quotité du prélèvement prévu au paragraphe premier du présent article sera réduite de cinquante pour cent (50 p. 100) á trente-trois pour cent (33 p. 100) à partir du moment où le câble transatlantique de remplacement ci-dessus visé aura été mis en service.

Art. 11. — Comme garantie des engagements pris par la Compagnie, celle-ci versera à la Caisse des dépôts et consignations, dans le délai d'un mois qui suivra la signature de la présente convention, un cautionnement de cinq cent mille francs (500.000 fr.).

Les trois cinquièmes de ce cautionnement, soit trois cent mille francs (300.000 fr.), lui seront remboursés lorsque la nouvelle ligne transatlantique aura été mise en service. Les deux autres cinquièmes, soit deux cent mille francs (200.000 fr.), resteront en dépôt pendant toute la durée du contrat comme garantie de l'exécution pleine et entière de la convention et aussi comme garantie d'une bonne exploitation.

Art. 15. — Les conditions d'établissement, d'entretien et d'exploitation des lignes, l'organisation et la durée du service, le régime des tarifs et le contrôle, ainsi que la perception des taxes et les relations avec le public en territoire français seront déterminés par le cahier des charges approuvé par le Ministre des postes et des télégraphes, dont la Compagnie française des câbles télégraphiques accepte toutes les clauses et conditions. Ce cahier des charges, qui devra être rédigé en conformité de la présente convention, aura la même valeur que celle-ci.

Art. 17. — Le Ministre des postes et des télégraphes

pourra prononcer l'annulation pure et simple de la présente convention ou la mise en régie de l'exploitation et de l'entretien des lignes télégraphiques :

1° Au cas où la ligne de Brest-Cap-Cod et la ligne de jonction seraient l'une ou l'autre interrompues pendant plus d'une année, sauf le cas de force majeure, dûment justifié et résultant d'événements exceptionnels ;

2° Au cas où, après l'établissement du nouveau câble transatlantique prévu à l'article 9, les deux nouvelles lignes transatlantiques seraient interrompues simultanément pendant plus de trois mois, sauf le cas de force majeure dûment justifié ;

3° Au cas de non observation de l'une des clauses essentielles de la présente convention, formulées dans les articles 4, 5, 8, 9 (deuxième alinéa), et 13 de la convention.

Fait à Paris, le 19 décembre 1895.

Accepté au nom de la Compagnie française des câbles télégraphiques,

L'Administrateur-Directeur,
J. DEPELLEY.

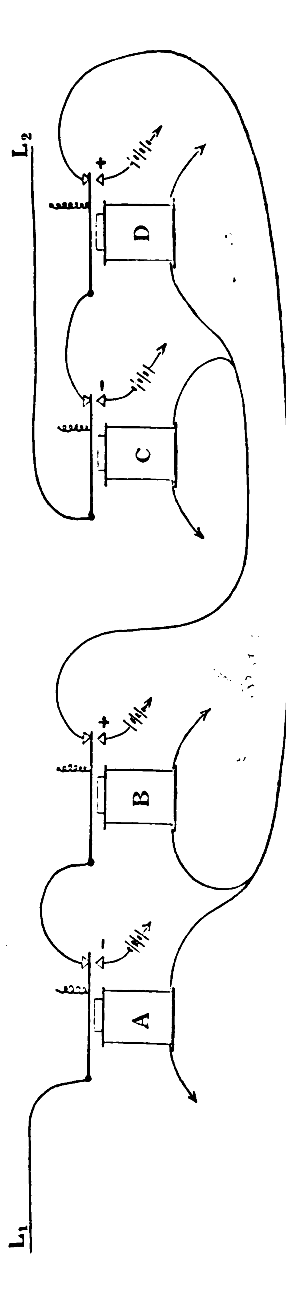
Le Président,
J. CAUBET.

Approuvé :
Paris, le 20 décembre 1895,
Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,
MESUREUR.

Le Directeur général des postes et des télégraphes,
J. DE SELVES.

Enregistré à Paris, Bureau des Actes administratifs,
le 14 avril 1896, fol. 23-2,
reçu trois francs soixante-quinze centimes (Loi du 28 mars 1896).

MORIN.



NOTE

SUR LA TRANSLATION

A DOUBLE COURANT

L'emploi de distributeurs translateurs inverseurs pour les installations Baudot fait souvent considérer comme difficile ou impossible la translation par relais, dans le cas où il est fait usage d'un courant de repos. Je pense donc qu'il n'est pas inutile d'indiquer ici schématiquement les communications d'une installation de translation pour le cas indiqué, qui est aussi, d'ailleurs, celui où l'on voudrait relier par une translation deux lignes bifurquées pour postes municipaux. Ce croquis, fort simple, ne nous paraît pas très connu, sans doute parce que le besoin de l'appliquer ne s'est pas fait sentir. La

marche du courant se comprend d'elle-même, nous n'insisterons donc pas. Disons seulement que A et C sont des électro-aimants polarisés dont l'armature ne se déplace que sous l'action d'un courant négatif et que B et D sont deux autres relais polarisés sensibles au courant positif.

J.-B. Pomey.

CHRONIQUE.

Sur la réduction du wolfram par le charbon au four électrique.

Note de M. Ed. Defacqz.

En réduisant l'acide tungstique pur par le charbon de sucre au four électrique, M. Moissan (*) a obtenu le tungstène pur, dont il donné les propriétés à l'analyse. A la suite de cette publication nous avons pensé qu'il serait intéressant de répéter ces expériences sur le minerai même de tungstène, c'est-à-dire le wolfram.

Nos échantillons de wolfram provenaient de Zumwald (Bohême); nous en avons fait d'abord l'analyse sur un échantillon moyen préparé avec soin.

Analyse du wolfram. — On attaque le minerai par un mélange à parties égales de carbonates de potassium et de sodium en fusion et on le maintient tranquille de quinze à vingt minutes.

La masse verte que l'on obtient est traitée par l'eau; on ajoute un peu d'alcool et l'on porte à l'ébullition : le manganèse se précipite et la liqueur devient incolore; on reprend le tout par un excès d'acide chlorhydrique : les oxydes de fer et de manganèse se dissolvent et un léger précipité blanc apparaît; on évapore à sec au bain-marie, puis à l'étuve à air à 125°, en prenant les précautions indiquées par M. Moissan pour le dosage de la silice dans l'aluminium (**). On reprend par l'eau acidulée chlorhydrique, on filtre, ou lave d'abord par décantation, puis sur le filtre, en se servant d'eau chargée d'azotate d'ammonium. Dans la liqueur on dose le fer, le manganèse, la chaux; la partie restée sur le filtre est séchée et calcinée: on a l'acide tungstique et la silice; le mélange des deux acides est traité par le bisulfate de potassium en fusion pour séparer la silice.

(*) H. Moissan, Recherches sur le tungstène (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 13; et Préparations au four électrique de quelques métaux réfractaires : tungstène, molybdène, vanadium (*Comptes rendus*, t. CVI, p. 1225).

(**) H. Moissan, Analyse de l'aluminium et de ses alliages (*Comptes rendus*, t. CXXI, p. 851).

Nous avons obtenu ainsi pour un échantillon moyen :

	I.		II.	
TuO^3	71,76	p. 100	72,17	p. 100
SiO^2.	1,69	—	1,93	—
FeO.	7,60	—	3,36	—
MnO.	16,30	—	15,50	—
CaO.	2,28	—	1,98	—

Réduction du wolfram. — On prépare un mélange de wolfram et de charbon de sucre, ce dernier dans la proportion de 14 p. 100 de minerai ; on place le tout dans le creuset du four électrique de M. Moissan et on le soumet pendant douze minutes à l'action calorifique d'un arc de 950 à 1.000 ampères et de 50 à 60 volts. On obtient une masse métallique fondue et au-dessus une scorie qui s'en détache très facilement, grâce à une petite quantité de carbure de calcium qui l'entoure; ce dernier ne tarde pas à se déliter à l'air.

Analyse de la partie métallique. — Le culot parfaitement fondu possède une cassure à grain fin et une dureté semblable à celle du carbure de tungstène. Comme lui, au rouge sombre, il brûle dans un courant de chlore et est attaqué, avec incandescence, par un mélange d'azotate de potassium (8 parties) et de carbonate (2 parties); il contient, outre le tungstène, du silicium, du fer, du carbone.

Pour doser ces corps, on en traite une petite quantité finement pulvérisée, avec quelques précautions, par un mélange en fusion d'azotate de potassium (6 parties) et de carbonate (2 parties). La masse blanche (sa couleur démontre qu'elle ne contient pas de manganèse) que l'on obtient ainsi est reprise par l'eau; on traite le tout par l'acide chlorhydrique et l'on opère ensuite comme pour l'analyse du wolfram.

Pour doser le carbone, on chauffe dans un courant de Cl ; le résidu est ensuite porté au rouge sombre dans l'hydrogène, puis brûlé dans l'oxygène; du poids de l'acide carbonique obtenu on déduit la quantité de carbone.

On obtient ainsi :

	I.	II.
Tungstène.	92,53	92,65
Silicium.	0,49	0,51
Fer	2,37	2,15
Carbone total.	5,21	4,96

Analyse de la scorie. — Elle est sans odeur, d'aspect cristalisé, n'est pas homogène; la partie qui se trouve au contact de la masse métallique est noire, l'autre est d'un gris rosé; elle contient du tungstène, du fer, de la chaux, de la silice. Le tungstène y est combiné et libre; on met ce dernier en évidence en attaquant la scorie par l'acide chlorhydrique concentré; on chauffe et, en insistant, la liqueur, surnageante d'abord et incolore, devient bleue par suite de la réduction due au dégagement d'hydrogène fourni par le métal.

L'analyse de cette scorie a été faite comme celle d'un silicate insoluble dans les acides; elle a fourni les chiffres suivants :

	I.	II.
TuO^3	10,60	10,90
SiO^2	1,41	1,10
Fe^2O^3	4,35	4,10
CaO	87,98	87,92

En diminuant le temps de chauffe (8 minutes au lieu de 12), nous avons obtenu une masse métallique, mais spongieuse, qui ne contenait plus que 0,5 p. 100 de manganèse et 5 p. 100 de fer et ne renfermait pas de carbone.

Conclusions. — Un échantillon de wolfram dont nous avons donné l'analyse, peut donc être réduit par le charbon avec facilité au four électrique et fournir de suite un métal assez pur : le manganèse et le calcium ont complètement disparu, le silicium et le fer ont diminué dans une notable proportion; ces réactions sont produites en partie, grâce à la température élevée du four électrique et grâce à la scorie qui s'est formée. Elles semblent bien démontrer que le traitement direct des minerais au four électrique pourra produire des métaux assez purs pour entrer directement dans la pratique industrielle (*).

(*Comptes rendus*, 28 décembre 1896).

(*) Ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod et P. Vicq.

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 Mars-Avril

LES RAYONS RÖNTGEN

I

RAYONS CATHODIQUES ET RAYONS RÖNTGEN.

Principe de la découverte. — Vers la fin de 1895, en étudiant la décharge d'une bobine d'induction dans un tube dont le vide était poussé très loin, le professeur Röntgen de Würtzbourg s'aperçut qu'une substance fluorescente, le platinocyanure de baryum, placée derrière un carton noir opaque, s'illuminait sous l'influence de cette décharge. Il entreprit aussitôt l'étude de ce singulier phénomène et trouva qu'il se manifestait comme s'il était dû à une radiation se propageant en ligne droite et capable de traverser un grand nombre de corps opaques ; c'est ainsi qu'un simple détail d'expérience, recueilli avec sagacité et soumis à la méthode scientifique, a donné naissance à cette magnifique branche de la science, constituée par

les *rayons Röntgen*, ou rayons X de nature inconnue, dont la nouveauté, le caractère mystérieux, et surtout les applications si extraordinaires, ont immédiatement suscité, avec l'enthousiasme général, d'innombrables travaux.

Avant d'entrer dans le détail des recherches exécutées par le professeur Röntgen et par ceux qui l'ont suivi, il importe de jeter tout d'abord un coup d'œil sur ce qui se passe dans le tube.

Rayons cathodiques. — Lorsqu'on opère la décharge électrique, au moyen de deux électrodes métalliques, dans une de ces ampoules à vide accentué que l'on appelle tubes de Hittorf en Allemagne, tubes de Crookes en Angleterre et en France, on constate une illumination verdâtre de la paroi du verre opposée à la cathode, électrode qui communique avec le pôle négatif de la source électrique. En interposant entre la cathode et le fond du tube un écran métallique, qui peut constituer l'anode ou électrode positive, on observe que l'écran porte une ombre due manifestement à l'arrêt de rayons émanant de la cathode : ceux-ci sont les *rayons cathodiques*. Crookes a montré que, en plus de la phosphorescence et de la fluorescence, ils peuvent produire des effets mécaniques, par exemple la rotation d'un moulinet, et a émis une théorie d'après laquelle le tube serait le siège d'un bombardement moléculaire : la petite quantité de matière que doit renfermer le tube pour rester conducteur serait ainsi projetée à partir de la cathode et les molécules formant ce flux seraient chargées négativement. La déviation des rayons cathodiques par un aimant vient à l'appui de cette hypothèse, puisque,

ainsi que l'a démontré M. Rowland, une masse matérielle chargée d'électricité et animée d'un mouvement rapide est assimilable dans cette action à un courant. Cette manière de voir semble aussi consolidée par le chiffre de 200 kilomètres par seconde que M. J.-J. Thomson a trouvé en 1894 pour la vitesse des rayons cathodiques, chiffre bien inférieur à celui de 300.000 kilomètres établi pour la propagation des mouvements lumineux et électriques dans l'éther.

En Allemagne, M. Goldstein a étudié ces rayons cathodiques (*) et leur a attribué une constitution analogue à celle des rayons lumineux ; il a effectué un grand nombre d'expériences dans lesquelles il a montré que la radiation cathodique produit des effets chimiques, en particulier sur le papier photographique, le chlorure d'argent, le bichromate de potasse, etc., ne traverse pas le verre, détermine des effets de phosphorescence sur les corps qu'elle rencontre, et se diffuse sur ceux-ci en produisant d'autres rayons qui ont, eux aussi, la propriété de faire naître la phosphorescence. On verra plus loin que ces autres rayons, qui sortent du tube, sont ceux qui ont été étudiés plus tard par Röntgen.

L'étude des rayons cathodiques fut poussée plus loin par Lénard, de Bonn, en 1893-94. Mettant à profit la transparence de l'aluminium pour ces rayons, il eut l'idée de remplacer une partie de la paroi de verre opposée à la cathode par une mince feuille de ce métal ; il eut ainsi la faculté de faire sortir du tube les rayons cathodiques et de les soumettre à différentes expériences en dehors du milieu où ils prennent naissance. Lénard a ainsi observé que ces rayons produi-

(*) *Les rayons X*, par Guillaume (Gauthier-Villars et fils, éditeurs).

sent la phosphorescence et la fluorescence, impressionnent la plaque photographique, et déchargent les corps électrisés ; il a constaté aussi qu'ils se propagent dans le vide et sont absorbés par les divers milieux d'une façon à peu près proportionnelle à la densité. L'étude de la déviation par les aimants lui permit encore d'observer que certains de ces rayons étaient moins déviés que d'autres ; quelques-uns, même, ne l'étaient pas. Ce fait présente une grande importance, car il montre le passage entre les rayons purement cathodiques, qui sont sensibles à l'influence du champ magnétique, et les rayons X, qui ne le sont pas ; dans les expériences de Lénard, il y avait sans doute mélange des deux espèces de radiations, l'aluminium laissant passer une partie des rayons cathodiques et transformant une autre partie en rayons X qui, eux aussi, traversent l'aluminium. La découverte de Röntgen a mis en évidence cette transformation.

Rayons Röntgen. — Voici les principaux résultats trouvés par Röntgen, d'après sa première communication à la Société physico-médicale de Würtzbourg.

Le papier est traversé très facilement par les rayons X ; à travers un livre relié de mille pages, l'écran recouvert de platinocyanure de baryum s'illuminait encore. L'encre d'imprimerie n'oppose pas un obstacle appréciable. Une carte à jouer, une feuille de papier d'étain, des planches de sapin de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, une plaque d'aluminium, sont traversées. Le verre arrête, surtout s'il contient du plomb.

En interposant la main entre l'ampoule et l'écran fluorescent, on aperçoit les ombres foncées des os,

entourées des ombres plus claires des chairs. Ce résultat sensationnel était bien fait pour frapper les esprits; en permettant de distinguer le squelette du sujet vivant au travers des chairs, il réalisait un des rêves les plus fantastiques que l'imagination pût enfanter; aussi est-ce surtout à cette forme de l'expérience que doit être attribué, en dehors même de l'intérêt scientifique, l'enthousiasme général soulevé par la découverte de Röntgen. De là découlent, d'ailleurs, des applications très importantes et très utiles à la médecine, à la chirurgie, et aux sciences naturelles.

L'opacité des métaux diminue dans l'ordre suivant: platine, plomb, zinc, aluminium, qui est l'ordre décroissant des densités.

Röntgen a contrôlé ses principales expériences en se servant à la fois de la fluorescence et de l'impression de la plaque photographique emballée dans du papier noir.

Il n'a pu observer aucun effet de réflexion, ni de réfraction, ni de polarisation.

La disposition des ombres montre que les rayons X n'émanent pas de la cathode, mais des portions du tube qui sont frappées par les rayons cathodiques; il se produit donc dans la substance du verre une transformation des rayons cathodiques en rayons X, et ceux-ci passent seuls. Ce résultat a été étendu, comme on le verra plus loin, à tout corps frappé par les rayons cathodiques, et a été utilisé pour augmenter la puissance des tubes.

Enfin, Röntgen a trouvé aussi que l'air n'absorbe pas d'une façon appréciable, car l'intensité, à partir du tube, varie sensiblement en raison inverse du carré de la distance.

Dès que la découverte de Röntgen fut connue, un grand nombre d'opérateurs, répétant ces expériences, en ont vérifié et développé les résultats. Parmi eux, citons, en France, MM. Seguy, Oudin, Barthélemy, Lannelongue, d'Arsonval, Perrin, Chappuis, Imbert, Bertin Sans, Radiguet, Chabaud, Ogier, Londe, Lumière, etc.

M. Perrin, en particulier, s'est attaché dès l'origine à étudier la propagation de ces rayons : il n'a pu trouver trace de réfraction, ni de réflexion. Il est vrai que certaines expériences, faites par d'autres opérateurs, semblent prouver l'existence d'une réflexion diffuse, mais il faudrait s'assurer qu'il n'y a pas là quelque phénomène de fluorescence, quelque action chimique ou autre capable d'impressionner la plaque photographique (*).

MM. Benoist et Hurmuzescu ont ensuite montré, en recevant les rayons sur un élestrocope ou sur un électromètre dans une cage de Faraday empêchant tout accès de l'air électrisé par le tube, que les rayons X déchargent rapidement les corps électrisés. Cette propriété a été reconnue aussi par M. Dufour en Suisse, M. Righi en Italie, M. J.-J. Thomson en Angleterre.

Telles sont les grandes lignes des premières études effectuées sur les rayons X ; nous allons les reprendre et les continuer dans un ordre logique, en mettant en relief les points principaux. Nous considérerons successivement : d'abord le matériel, — puis les trois modes d'observation au moyen de la fluorescence, de la plaque photographique et de la décharge des corps élec-

(*) Voir l'ouvrage que j'ai consacré à l'étude de toutes ces causes : *La Plaque photographique* (Carré et Naud, éditeurs).

trisés, — enfin le degré de transparence des différentes substances, d'où résulte un grand nombre d'applications. Nous terminerons par un coup d'œil sur la théorie.

II

MATÉRIEL

Ensemble de l'installation. — Le matériel qui, employé d'abord par Röntgen, est encore en usage aujourd'hui dans son ensemble, se compose d'une bobine Ruhmkorff, dont le circuit inducteur P est alimenté par une pile Q de quelques éléments ou par des

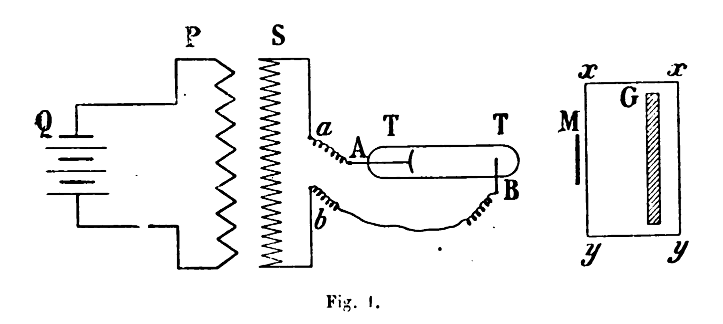


Fig. 1.

accumulateurs ; les deux extrêmités *a* et *b* du fil induit S sont reliées aux deux électrodes métalliques A et B du tube de Crookes T.

Lorsque la bobine fonctionne, la décharge qui se produit à l'intérieur du tube est accompagnée des rayons cathodiques, lesquels partent de la cathode A et se transforment sur l'obstacle de la paroi opposée en rayons X.

Ceux-ci sont reçus sur l'écran fluorescent ou sur la

plaque photographique G, après avoir traversé plus ou moins facilement les corps interposés M.

On peut encore employer d'autres sources d'électricité, ainsi que la lampe à incandescence; ces variantes seront indiquées plus loin.

Pile et bobine. — On sait que la différence de potentiel entre les deux bornes de la bobine Ruhmkorff est beaucoup plus élevée au moment de la rupture produite par l'interrupteur périodique dans le circuit inducteur qu'au moment de la fermeture, parce que les variations de l'intensité du courant inducteur et de l'aimantation du noyau de fer doux sont beaucoup plus rapides dans la premier cas que dans le second. Il en résulte que, si l'on fixe à ces deux bornes deux fils conducteurs dont les extrémités soient légèrement écartées, la décharge qui se manifeste sous la forme d'une série d'étincelles est surtout due au courant induit de rupture, qui reste seul efficace si l'on augmente encore la résistance en écartant davantage les deux fils; de sorte que la bobine fonctionne alors comme une source d'électricité à haut potentiel et de *sens constant*. C'est ainsi que, malgré le jeu alternatif, elle possède un pôle positif et un pôle négatif et donne dans le tube de Crookes une série de décharges de même sens, avec une électrode jouant constamment le rôle de cathode, l'autre jouant constamment le rôle d'anode.

Cette considération donne une explication probable de certaines expériences dans lesquelles on a cru voir fonctionner l'anode comme source de rayons donnant lieu aussi à des rayons X. Il suffit, en effet, que la résistance offerte à la décharge dans le tube ait été assez faible, ou que la différence de potentiel de fer-

meture ait été assez forte, pour que le flux pût passer; dans ces conditions, l'anode peut fonctionner aussi comme cathode, alternativement, et donner naissance à des rayons cathodiques.

La puissance de la bobine à employer dépend de l'espèce et des dimensions de l'ampoule dans laquelle s'effectue la décharge; elle varie en général entre des types donnant de 5 à 40 centimètres d'étincelle dans l'air, et même au delà. Certains tubes, les tubes Colardeau par exemple, dans lesquels l'anode et la cathode sont rapprochées, n'exigent que des bobines moyennes.

Le nombre d'éléments Bunsen, ou au bichromate, ou d'accumulateurs, varie ainsi de 3 à 12 et plus. Ces éléments doivent présenter une faible résistance intérieure, pour fournir un courant inducteur suffisamment intense.

Ampoules. — L'ampoule est l'organe essentiel, car c'est d'elle que dépendent pour une source donnée d'électricité, l'*intensité* et la *netteté* des effets.

L'intensité des rayons X en facilitera l'étude ainsi que les applications, permettra de traverser de fortes épaisseurs des corps et donnera le moyen d'obtenir dans un temps très court l'impression photographique.

La netteté servira à mieux délimiter les silhouettes produites sur l'écran fluorescent et sur la plaque photographique et contribuera dans une forte mesure à révéler le détail de la constitution intime des corps.

En outre, il y aura à chercher les meilleures conditions de fonctionnement.

Les efforts qui se sont portés sur ces trois points ont réussi à perfectionner notablement les premières

ampoules et ont donné naissance à des types bien combinés qui réalisent actuellement ces désidérata.

Premiers dispositifs. — Dans les premières recherches, on a utilisé tout d'abord les tubes que possédaient les laboratoires pour la démonstration des expériences de Crookes ; dans plusieurs, les électrodes étaient de simples fils ; dans d'autres, la cathode était un disque plan, et l'anode une croix montrant l'ombre cathodique.

Puis, afin de faciliter les observations, on a cherché à augmenter l'intensité des effets en déblayant le champ du flux cathodique par un déplacement latéral de l'anode et en donnant à la paroi de verre opposée à la cathode la forme d'une portion de sphère dont cette cathode occupait le centre. De là, le type en poire, dont la *fig.* 2 représente un spécimen construit par M. Chabaud.

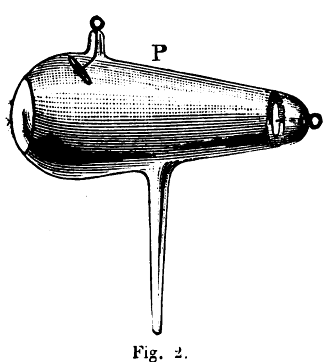


Fig. 2.

En même temps, on se préoccupait de l'influence provenant de la nature du verre de l'ampoule. Cette nature devait nécessairement jouer un rôle, d'abord dans le phénomène par lequel les couches superficielles de verre, frappées par les rayons cathodiques, les transforment en rayons X, puis dans le passage des rayons X au travers du reste de l'épaisseur. M. Chabaud a trouvé que les différentes sortes de verre se comportent à peu près de la même manière tant qu'ils ne renferment pas de métaux, lesquels augmentent

la résistance au passage; le cristal, qui contient du plomb, est particulièrement opaque. Il a constaté aussi que la couleur jaune verdâtre de la fluorescence n'est pas un indice absolu de l'efficacité d'un tube, car certains verres qui prennent des teintes différentes par fluorescence donnent des intensités de rayons X sensiblement égales.

Le degré de vide de l'ampoule présente une très grande importance; il faut qu'il soit assez prononcé pour que les rayons cathodiques prennent naissance, sans qu'il atteigne cependant un degré trop élevé qui, en augmentant la résistance, arrêterait la décharge. Les meilleures conditions correspondent à une pression voisine d'un millième de millimètre de mercure.

Il était indispensable d'accroître la netteté des ombres en réduisant à de petites dimensions la région du verre d'où émanent les rayons X. On obtint d'abord ce résultat en disposant près du tube une plaque en métal absorbant, en plomb par exemple, percée d'une ouverture circulaire n'ayant pas plus d'un centimètre de diamètre, qui limitait ainsi le faisceau près de son origine. Mais l'effet du reste de l'ampoule était inutilisé, au détriment de l'intensité réellement efficace. Pour remédier à cet inconvénient, il n'y avait qu'à concentrer le flux cathodique sur la région utile, ce qui pouvait se réaliser en le faisant converger soit au moyen d'aimants disposés latéralement, soit par une forme concave donnée à la cathode, les rayons cathodiques en partant à peu près normalement.

Ce perfectionnement fournit plusieurs types de tubes grâce auxquels on put obtenir à la fois un haut degré de netteté et d'intensité. On doit citer, en particulier, les épreuves photographiques obtenues dès la fin de

mars 1896 par M. Chappuis, qui réduisit à une ou deux secondes le temps nécessaire pour impressionner la plaque sensible au travers de la main, et à la durée d'une seule décharge de la bobine le temps nécessaire pour obtenir la silhouette d'un objet métallique; il parvenait aussi à traverser le corps humain dans sa plus forte épaisseur.

Toutefois, ce foyer de rayons cathodiques était le siège d'une forte élévation de température qui allait, pour de puissantes décharges, jusqu'à ramollir le verre et mettre l'ampoule hors de service. Pour refroidir cette paroi, M. d'Arsonval l'a entourée d'eau contenue dans une capsule en celluloïd, sans perte appréciable en raison de la grande perméabilité de ces deux substances pour les rayons X.

Tubes focus. — Crookes et Goldstein avaient observé l'illumination d'un grand nombre de corps soumis à l'intérieur de l'ampoule au flux cathodique; M. Perrin a montré qu'il y a, en même temps, production de rayons X, et que cette production se manifeste toutes les fois que les rayons cathodiques rencontrent un obstacle quelconque : platine, aluminium, cristal, etc., l'existence et la teinte de l'illumination développée sur l'obstacle étant indépendantes de la naissance des rayons X.

C'est sur cette remarquable propriété que M. Jackson, a construit en Angleterre, vers février 1896, de nouveaux tubes dans lesquels le faisceau cathodique est concentré non plus sur le verre même du tube, mais sur une petite lame de platine inclinée à environ 45° sur l'axe du faisceau; les rayons X qui émanent de ce foyer (focus) sortent du tube latéralement en

traversant le verre de l'ampoule. Cette disposition permet d'augmenter notablement l'intensité, parce que la lame de platine résiste mieux que le verre à l'élévation de température causée par de fortes décharges; la netteté y gagne aussi, puisqu'on peut donner à la lame focus de très petites dimensions, par exemple sous forme d'un carré de quelques millimètres de côté.

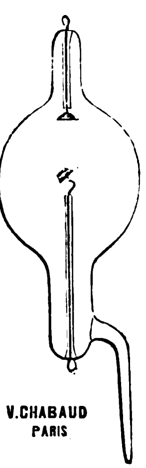


Fig. 3.

La *fig.* 3 représente un tube de ce genre construit par M. Chabaud; on y voit la cathode d'aluminium, en petite calotte sphérique, ainsi que la lame focus inclinée sur l'axe et placée au centre d'un renflement soufflé en verre mince de façon à opposer à la sortie des rayons X la plus petite résistance possible; dans d'autres types, se trouve un réservoir additionnel destiné à amortir et à ralentir l'altération amenée dans le degré du vide par la décharge.

En disposant une lame de métal percée d'un petit trou de 3/4 de millimètre entre le tube et une plaque photographique emballée dans du papier noir, moyen déjà employé par Röntgen et par d'autres expérimentateurs, j'ai constaté que la source des rayons X était formée, dans ce tube, de plusieurs très petites régions groupées sur une petite surface.

En juin 1896, M. Colardeau a fait connaître un perfectionnement qui donne d'excellents résultats, et qui porte sur les points suivants (*). Le tube (*fig.* 4) est cylindrique, et son diamètre est réduit à 6 ou 7 milli-

(*) Société française de physique, séance du 19 juin 1896.

mètres, pour diminuer l'espace latéral qui participe sans profit au passage de la décharge. La cathode a un diamètre de 4 millimètres et n'est séparée de la paroi de verre que par l'intervalle strictement nécessaire pour éviter un échauffement exagéré de cette paroi. Afin de diminuer la perte provenant de l'écart entre la cathode et la lame focus, perte qui a été constatée expérimentalement sur différents tubes par M. Colardeau, cet écart est réduit ici à 7 ou 8 millimètres. Le rayon de courbure de la cathode n'est que de 5 millimètres, mais le flux cathodique converge plus loin que le centre de courbure et va former un très petit foyer sur la lame focus; celle-ci a une surface de quelques millimètres carrés, est inclinée à 45°, et se trouve logée dans un renflement sphérique dont le verre a été amené à une épaisseur d'environ un dixième de millimètre. Malgré ses petites dimensions, cet appareil peut supporter la décharge d'une bobine donnant de 25 à 30 centimètres d'étincelle et fournit alors des rayons X très intenses.

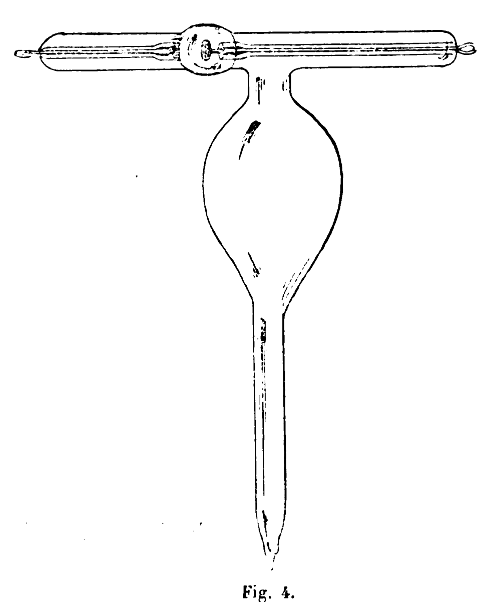


Fig. 4.

Il est intéressant de noter que les rayons cathodiques vont former leur foyer plus loin que le centre de courbure de la cathode. Après M. Colardeau, M. Chabaud a montré (*) que la distance focale, qui est sensiblement égale au rayon de courbure pour une pression voisine de 1 millimètre, augmente lorsque le vide est poussé plus loin : dans certains tubes, le foyer se produisait à une distance variant de 2 à 5 fois le rayon de courbure.

Entretien du degré de vide. — Le passage de la décharge dans le tube fait varier le degré de vide et le met, au bout d'un certain temps de fonctionnement, dans des conditions défavorables à la production des rayons cathodiques et, par suite, des rayons X. La cause de cette altération n'est pas entièrement connue; il semble, cependant, qu'il y ait absorption de gaz par l'anode et par le verre du tube, d'où augmentation de la résistance à la décharge par accentuation du vide; on peut constater que l'effet a bien lieu dans ce sens par ce fait que la décharge passe alors à l'extérieur du tube, entre deux fils placés en dérivation, pour un écart qui ne laisse pas passer l'étincelle lorsque le fonctionnement du tube est normal. Il suffit alors de chauffer l'ampoule pour ramener les conditions convenables.

On remédiait d'abord à cette altération en maintenant la communication avec la pompe, de façon à assurer la constance du degré de vide; mais cette solution n'est pas à la portée de tous les opérateurs.

Un moyen commode, employé par M. Chabaud, consiste à utiliser la propriété que possède le palladium d'absorber les gaz avec une grande facilité, notam-

(*) Société française de physique, séance du 20 novembre 1896.

ment l'hydrogène; il loge dans un renflement, en dehors de la décharge, une lame de palladium à laquelle il fait absorber de l'hydrogène; en chauffant ensuite le tube près de cette lame, on produit un dégagement de gaz qui remet le tube en état. S'il y a excès de gaz, on relie par un fil extérieur l'anode à la lame de palladium, qui, fonctionnant elle aussi comme anode, joue un rôle absorbant, jusqu'à ce que les rayons X aient repris toute leur intensité.

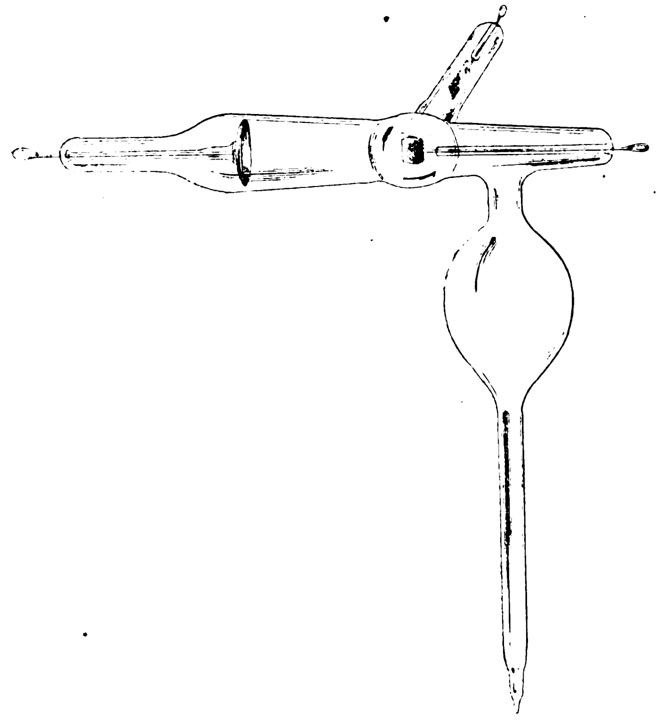


Fig. 5.

On voit cette adaptation appliquée dans la *fig.* 5 au tube Colardeau-Chabaud.

Autres dispositifs. — La bobine d'induction peut être remplacée par une machine d'électricité statique ou dynamique, par une bobine Tesla, et, en général, par toute source d'électricité capable de fournir une série de décharges à différence de potentiel aussi élevée.

Il importe de remarquer que, si la différence de potentiel reste la même en valeur absolue entre les deux bornes de la source, tout en changeant de signe alternativement, comme dans certaines machines et certains transformateurs industriels, chacune des deux électrodes du tube joue alternativement le rôle de cathode et d'anode. Par suite, lorsque la lame focus est placée entre les deux électrodes, chacune de ses faces ne devient source de rayons X que pour une alternance sur la période de l'ondulation.

MM. Siemens et Halske, en Allemagne, M. d'Arsonval, en France, ont utilisé le vide des lampes à incandescence pour les substituer aux tubes de Crookes.

III

MODES D'OBSERVATION.

Les modes d'observation des rayons X sont actuellement au nombre de trois : l'écran fluorescent, la plaque photographique, la décharge des corps électrisés; nous allons les examiner dans cet ordre, qui est l'ordre chronologique.

Ecran fluorescent. — Beaucoup de substances sont rendues fluorescentes par les rayons X. Le platinocyanure de baryum, employé d'abord par Röntgen, a été amené depuis à un haut degré de sensibilité, en

particulier par la fabrique allemande Kahlbaum qui obtient ce résultat par des cristallisations successives dans certaines conditions. Citons encore le platino-cyanure de potassium (Silvanus Thompson), le tungstate de calcium (Edison), etc.

Ces substances sont réduites en poudre fine et fixées au moyen d'une mince couche d'un agglutinant, tel que gomme, gélatine, collodion, etc., sur une feuille de carton ou de papier tendue entre les bords d'un cadre et recouverte de papier noir sur la face opposée à l'observateur; les rayons lumineux sont arrêtés par le papier noir, et les rayons X peuvent seuls passer. En interposant les objets à examiner entre le tube et l'écran, on voit celui-ci s'illuminer avec plus ou moins d'éclat suivant la plus ou moins grande transparence des parties traversées. L'effet, qui est instantané, nécessite une source assez puissante; on peut alors voir au travers du corps humain.

On doit faire l'observation à l'abri de toute lumière, par exemple en se plaçant sous un voile noir si l'on opère dans une chambre éclairée. On construit aujourd'hui des appareils dont le fonds est formé par l'écran fluorescent, et dans lesquels on peut regarder par deux tubes qui abritent les yeux contre la lumière ambiante.

Plaque photographique. — Le procédé par impression de la plaque photographique a l'avantage d'enregistrer et de conserver les images provenant de l'inégale absorption des corps d'après leur nature et leur épaisseur.

L'opération peut se faire en plein jour, car il suffit de présenter la plaque aux rayons X dans une boîte en carton, ou dans le châssis photographique ordinaire

en bois, ou, encore plus simplement, en l'enveloppant dans du papier noir; avec trois épaisseurs de ce papier, on est sûr d'arrêter complètement la lumière du jour, tout en n'offrant ainsi aux rayons X qu'une résistance négligeable. Ce mode d'emballage est aussi ce qui convient le mieux au point de vue de la netteté, car il donne le minimum d'épaisseur, c'est-à-dire le minimum de distance entre l'objet et la plaque sensible, ce qui réduit autant que possible la pénombre, toutes choses égales d'ailleurs.

La netteté exige aussi, d'autre part, que les dimensions de la source soient très petites. C'est ainsi qu'on arrive maintenant, avec les tubes focus, à des représentations très nettes, très fouillées, qui peuvent être comparées aux photographies obtenues avec les meilleurs objectifs.

L'intensité de cette impression photographique semble dépendre de la sensibilité de la couche à la lumière; la réalité de l'impression directe du gélatino-bromure par les rayons X résulte d'ailleurs d'expériences (*) que j'ai exécutées à ce sujet en déterminant la direction des ombres indépendamment du support.

La durée de pose, qui était à l'origine d'environ dix minutes pour obtenir la silhouette d'un objet métallique, et d'une demi-heure à trois-quarts d'heure pour un bon cliché de main montrant nettement les détails des os, a été abaissée progressivement au fur et à mesure que les tubes recevaient les perfectionnements exposés précédemment. Aujourd'hui, avec les tubes focus et une bobine donnant une étincelle de 25 à 30 centimètres, on obtient en une seule rupture du courant inducteur des instantanés de mains d'enfant.

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 27 avril 1896.



Le choix des révélateurs à employer pour développer l'image latente joue un rôle important dans la qualité du résultat. Il s'agit ici, en effet, de rendre avec la plus grande opposition possible les différents tons dus aux plus petites différences de transparence présentées par les parties qui composent l'objet étudié. Pour cela, il faut un révélateur qui soit capable d'agir énergiquement tout en ménageant les demi-teintes et les blancs. On se servira avantageusement d'un des révélateurs puissants aujourd'hui en usage, additionné d'un retardateur, tel que le bromure de potassium.

Pour compléter ce sujet, ajoutons que l'on a cherché à renforcer l'effet des rayons X sur la plaque sensible en appliquant contre celle-ci une feuille de papier imprégnée des substances que ces rayons peuvent rendre fluorescentes. Il faut qu'elles soient réduites en poudre très fine afin de diminuer le plus possible l'inconvénient du grain qui nuit à la netteté.

Décharge des corps électrisés. — MM. Benoist et Hurmuzescu ont étudié l'action des rayons X sur des corps électrisés soustraits à la fois à la lumière et au champ électrique intense développé par le tube.

Ils ont d'abord (*) fait agir un tube de Crookes, actionné par une assez forte bobine, sur les feuilles d'or d'un électroscope Hurmuzescu, éloignées d'environ 20 centimètres du tube, et chargées d'électricité tantôt positive, tantôt négative. Cet électroscope, capable de garder sa charge pendant plusieurs mois, était disposé à l'intérieur d'une cage métallique en communication avec le sol et fermée par deux vitres mobiles, dont

(*) Société française de physique, séance du 20 mars 1896.

l'une, située du côté des rayons X, était remplacée par les différentes plaques à étudier. Ils ont constaté que les rayons X déchargent l'électroscope immédiatement et complètement, plus vite si la charge est négative que si elle est positive; l'interposition de plaques métalliques ralentit l'effet, plus ou moins suivant leur nature et leur épaisseur.

Dans d'autres expériences (*), ils ont remplacé l'électroscope par un électromètre dont l'aiguille fixe était reliée à d'épaisses plaques de métal placées successivement derrière le volet d'aluminium qui fermait la fenêtre de la cage, l'autre aiguille de l'électromètre étant à la terre comme la cage. Ils ont trouvé que le temps de chute d'un même potentiel à un autre varie avec la nature du métal exposé. Il faut remarquer que, si la déperdition de l'électricité sous l'action des rayons ultra-violets présente aussi ce caractère, l'ordre des différents métaux n'est pas le même dans les deux cas; ainsi, l'argent et le zinc se trouvent très voisins dans l'action des rayons X, tandis qu'ils occupent les deux extrémités de l'échelle dans l'action des rayons ultra-violets, d'après MM. Lénard et Woolf, qui expliquent alors la décharge par une pulvérisation du métal. D'après les expériences de MM. Benoist et Hurmuzescu, les durées d'une même chute de potentiel, toutes choses égales d'ailleurs, seraient les suivantes en prenant pour unité celle qui correspond au platine : zinc 1,41; zinc amalgamé 0,96; argent 1,53; aluminium 2,12. Ainsi, l'aptitude des différents métaux à dissiper les charges électriques sous l'action des rayons X varierait en raison inverse de leur transparence pour ces rayons; ce pouvoir absorbant a son siège dans la couche

(*) Société française de physique, séance du 17 juillet 1896.

superficielle du métal lui-même, car, pour une faible épaisseur, il augmente avec elle.

En outre, la décharge complète a lieu non seulement dans l'air, mais encore dans un milieu diélectrique solide, comme la paraffine, résultat observé aussi par M. J.-J. Thomson.

MM. Benoist et Hurmuzescu ont ensuite étudié l'influence du gaz dans lequel le corps est plongé. Dans ce but, ils se sont servis d'une boîte métallique, capable de tenir le vide, et dans laquelle se trouvait, isolé par un bouchon de diélectrine, un disque de laiton en communication avec les feuilles d'or de l'électroscope ; les rayons X venaient frapper ce disque après avoir traversé une fenêtre fermée par une plaque d'aluminium. En introduisant dans cette boîte de l'air à différentes pressions, ou des gaz différents, air, acide carbonique, hydrogène, à même pression, et en mesurant le temps de chute des feuilles dans chaque cas à partir du même angle initial jusqu'au même angle final, ils ont trouvé que « la vitesse de dissipation de l'électricité par les rayons X, pour un même corps électrisé, dans les mêmes conditions, varie proportionnellement à la racine carrée de la densité du gaz où il est plongé. »

De ces deux influences exercées par la nature du corps électrisé et par le gaz ambiant, les auteurs tirent une explication de la dissipation des charges en supposant que l'absorption de l'énergie radiante dissocie le gaz en ions libres et produit l'expulsion hors du corps électrisé des molécules gazeuses condensées à sa surface ou même occluses jusqu'à une certaine profondeur.

L'air traversé par les rayons X garde pendant quel-

que temps la propriété de décharger les corps électrisés; ce fait, énoncé par M. J.-J. Thomson, puis par Röntgen dans un deuxième travail, a été vérifié par M. Perrin, qui a étudié particulièrement (*) l'effet des rayons X traversant l'air et les diélectriques sans toucher les corps électrisés eux-mêmes. Ces recherches l'ont conduit à plusieurs conclusions dont les principales sont les suivantes : 1° les rayons X, ou l'air qu'ils ont traversé, peuvent, sans égaliser les potentiels, réunir des conducteurs dont les potentiels sont très différents, pourvu seulement que ces conducteurs n'échangent pas de lignes de force; 2° ils égalisent les potentiels de deux conducteurs, même sans les rencontrer, s'ils coupent des lignes de force allant de l'un à l'autre; 3° une atmosphère soumise à l'action des rayons X, mais laissée en repos, amène la décharge d'un corps électrisé seulement quand elle est traversée par des lignes de force émanées de ce corps, la diffusion de cette atmosphère jouant un rôle pratiquement nul. M. Perrin est ainsi amené à considérer l'hypothèse de la dissociation par les rayons X d'une certaine quantité d'électricité neutre, ou de la séparation des molécules en morceaux ou ions libres, électrisés les uns positivement, les autres négativement, par le fait même de leur séparation, et obéissant à l'action des lignes de force du champ électrique lorsque celui-ci existe.

En enfermant dans une caisse métallique, où la pression et la température pouvaient varier, le condensateur entre les lames duquel il faisait passer, sans qu'il y eût contact, un pinceau de rayons X, M. Perrin a ensuite trouvé (**) que la quantité d'électricité libérée

(*) Société française de physique, séance du 17 juillet 1896.
(**) Société française de physique, séance du 4 décembre 1896.

est proportionnelle à la pression et indépendante de la température.

A la suite de ces recherches, M. Guillaume a fait observer que, pour expliquer le rôle joué par les corps solides dans la décharge sous l'influence des rayons X, on peut faire les hypothèses suivantes : 1° les gaz occlus ou condensés à la surface du corps sont chassés au dehors par les rayons X et emportent les charges, suivant l'idée proposée par MM. Benoist et Hurmuzescu ; 2° ou bien le corps récepteur est pulvérisé comme l'indiquent les expériences sur l'effet de la lumière ultra-violette; 3° ou bien le récepteur transforme les rayons X en d'autres radiations possédant un pouvoir ionisant plus grand.

De toute façon, le rôle des rayons X, même dépouillés de la charge qu'ils possèdent en sortant du tube, aboutit à une action moléculaire, qui produit soit la fluorescence, soit l'impression photographique, soit les phénomènes électriques indiqués ci-dessus.

IV

DEGRÉ DE TRANSPARENCE DES CORPS. — APPLICATIONS.

Hétérogénéité des rayons X. — Il n'existe pas un type unique de rayons X. Cette remarque essentielle, qui pouvait se prévoir *a priori* par comparaison avec ce qui se passe pour d'autres radiations, par exemple pour les radiations lumineuses qui traversent les corps plus ou moins facilement d'après leurs longueurs d'onde, résulte d'observations expérimentales.

MM. Benoist et Hurmuzescu ont eu occasion de

mettre ce fait en évidence dans leurs recherches électrométriques. Ils ont trouvé (*) les résultats suivants : 1° le coefficient de transmission de l'aluminium augmente avec l'épaisseur traversée, preuve d'une sélection progressive exercée par le métal au fur et à mesure que les rayons pénètrent plus profondément, si bien que, pour un même tube de Crookes, le coefficient de transmission, défini par la fraction que laisse passer un dixième de millimètre d'épaisseur, s'élève de la valeur 0,85, pour des plaques d'épaisseur totale ne dépassant pas 9 dixièmes de millimètre, à la valeur 0,90 pour des plaques dépassant 1 millimètre; 2° des tubes différents, dans des conditions de réglage identiques, donnent des coefficients de transmission nettement différents pour des plaques de même épaisseur, et même le réglage de la bobine, la fréquence des interruptions, etc., exercent une influence. « En résumé, disent-ils, la production des rayons X par un tube de Crookes est un phénomène analogue à celui de la production des rayons calorifiques et lumineux par des sources à température plus ou moins élevée. »

En continuant cette étude par la même méthode électrométrique, M. Benoist a constaté (**) que l'opacité des différents corps pour les rayons X a diminué progressivement au fur et à mesure que la fabrication des tubes s'est perfectionnée, et plus rapidement pour les corps les plus denses que pour les autres. Ainsi, si l'on appelle pouvoir absorbant spécifique d'une substance l'absorption produite par une épaisseur représentant l'unité de masse par unité de surface (1 décigramme par centimètre carré), ce pouvoir n'a pas sen-

(*) Société française de physique, séance du 20 mars 1896.
(**) Société française de physique, séance du 19 févrer 1897.

siblement changé pour l'aluminium, 0,09 au lieu de 0,10; mais celui de l'argent est devenu 0,75 au lieu de 0,84; celui du cuivre, 0,60 au lieu de 0,75. La transparence du platine est au moins doublée depuis les premières expériences de Röntgen, et celle des os a augmenté beaucoup plus que celle des chairs. D'autre part, M. Benoist a trouvé qu'avec les tubes focus actuels l'absorption des rayons X par les gaz, sous une même épaisseur de 74 centimètres, est très sensiblement proportionnelle à la masse spécifique et représentée par une moyenne de 0,14. Si donc on représente par des courbes l'opacité spécifique des différents corps en fonction de cette qualité des rayons X qu'on pourrait appeler leur *tonalité* moyenne, ces courbes tendent à se rejoindre, et les pouvoirs absorbants spécifiques tendent vers une limite commune, probablement peu différente de 0,10. M. Benoist a montré que la substitution du platine des tubes focus au verre des premiers tubes pour le siége de la source des rayons X suffit pour apporter un changement très net dans le rapport des transparences du cuivre et de l'argent. Il pense que l'identité de pouvoir absorbant spécifique pour tous les corps constitue une loi limite, pour des rayons X limite, auxquels on arrivera par le perfectionnement des tubes et par la sélection des rayons.

De ce qui précède, il résulte que les chiffres donnés pour la transparence des différents corps, dépendant de la nature du tube, de son fonctionnement, ainsi que de l'épaisseur des corps eux-mêmes, ne doivent être considérés que comme des indications susceptibles d'être modifiées si l'on opère dans d'autres circonstances; l'ordre de transparence peut seul être consi-

déré comme à peu près fixe, surtout si les différences constatées sont très sensibles. On pourra tirer parti de ces importantes considérations dans les applications, pour se placer dans des conditions qui permettent de traduire de la façon la plus nette les plus petites différences de transparence.

Transparence des différents corps. — D'après les nombreux travaux effectués sur la transparence des différents corps pour les rayons X, on peut résumer dans l'état actuel la question comme il suit :

L'absorption des métaux diminue à peu près suivant l'ordre des densités décroissantes, depuis le platine, qui est très opaque pour ce genre de radiation, jusqu'à l'aluminium, qui est au contraire très facilement traversé.

Parmi les métalloïdes, le chlore, le brome, l'iode, le soufre, le phosphore sont peu perméables. Le carbone n'oppose qu'une faible résistance, qu'il soit à l'état de charbon, de graphite ou de diamant; il en est de même de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote.

Voilà pour les corps simples; quant aux corps composés, leur perméabilité résulte de la nature et des proportions des éléments qui y entrent. Ainsi, les verres sont opaques, surtout s'ils renferment du plomb, en particulier les pierres fausses et les imitations du diamant; les os de même, en raison de la chaux qu'ils contiennent. Les chairs, la gélatine, l'albumine, le bois, le carton, le papier, qui sont formés surtout d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de carbone, absorbent beaucoup moins; le bois, le carton et le papier se laissent traverser très facilement même sous des épaisseurs de plusieurs centimètres. L'eau pure est très

transparente; mais elle peut être rendue très opaque par les substances en dissolution.

Applications. — Ces différences de perméabilité donnent lieu à de nombreuses et intéressantes applications, dans lesquelles cette merveilleuse propriété des rayons X est utilisée pour scruter l'intérieur de corps devant lesquels notre vue s'arrête impuissante. Il suffit de recourir à l'intermédiaire de l'écran fluorescent ou de la plaque photographique, puisque les rayons X n'impressionnent pas directement l'œil, par suite de l'absorption exercée par le corps vitré et le cristallin, ainsi que MM. de Rochas et Dariex l'ont montré (*).

Aux premières expériences sensationnelles qui avaient surtout pour mobile la curiosité, ont succédé des recherches guidées par la méthode scientifique vers un but pratique, avec l'aide des perfectionnements successifs que nous avons vu apporter au matériel. C'est ainsi que, armé de ce nouveau mode d'investigation, on a pu : reconnaître la présence d'objets absorbants, en métal, en verre, etc., dissimulés à l'intérieur de récipients en bois, en carton, en aluminium, hermétiquement clos; vérifier la section et la continuité d'un conducteur électrique en cuivre à l'intérieur d'une gaine en caoutchouc ou en gutta-percha, ainsi que l'épaisseur de l'isolant; distinguer des falsifications, comme celle des diamants ou de matières organiques; reconnaître la présence et l'emplacement d'objets étrangers ou de fractures d'os à l'intérieur des tissus vivants, etc.

La *fig.* 6 montre les ombres produites par un fil de cuivre au travers de son enduit en gutta-percha et au

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 24 février 1896.

travers d'une bobine de téléphone en bois; l'enduit et le bois donnent des pénombres. J'ai obtenu ce résultat avec le tube focus.

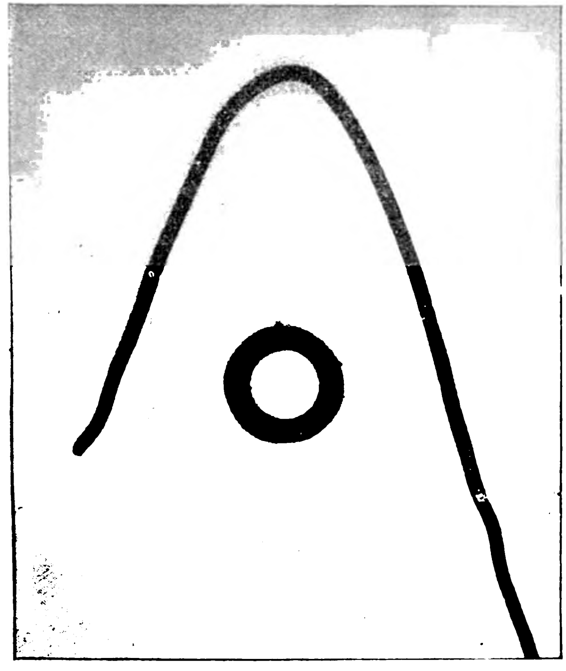


Fig. 6

Sur la *fig.* 7, réduction d'une main reproduite par M. Chabaud avec le tube Colardeau, on remarque, en plus des détails des os, l'opacité des métaux et la transparence d'un diamant monté sur la bague.

Les pénétrations, d'abord réduites à de faibles épaisseurs, se sont accentuées au fur et à mesure que la puissance des tubes s'est accrue, et ont progressé successivement, pour le corps humain, de la main et du pied aux régions les plus épaisses, telles que le torse

et la région lombaire de la colonne vertébrale (MM. Imbert et Martin Sans), le bassin (M. Chappuis), le tête (MM. Brissaud et Loude) où une balle de revolver a pu être perçue dans le cerveau. Aujourd'hui, le corps entier est sondé par le tube focus.

Bien plus, en prenant deux vues stéréoscopiques, avec deux emplacements différents du tube, MM. Eder et Valenta, à Vienne, dès février 1896, M. Colardeau et d'autres ensuite, ont réussi à donner par la combinaison des deux épreuves la sensation du relief et des différences de distance, comme on le fait en photographie pour les effets de perspective.

L'anatomie, la médecine, la chirurgie trouvent dans les rayons X un instrument extrêmement utile. En injectant du mercure ou de fines poudres métalliques dans les veines et les artères de préparations anatomiques, on en reproduit toutes les ramifications et tous les détails. Et il n'est pas douteux que l'on arrive bientôt, en cherchant dans la gamme des rayons X ceux qui conviennent le mieux à cette application, à distinguer sur le sujet vivant non plus seulement les corps très absorbants noyés dans les tissus, mais encore les muscles, les nerfs, les veines et artères, les différents organes, ainsi que les portions saines et les portions malades; dans cette voie, M. le Dr Bouchard a déjà montré qu'il est possible d'appliquer les rayons X au diagnostic de la tuberculose pulmonaire.

Les rayons X apportent aussi une aide précieuse à la zoologie et à la paléontologie en donnant le moyen d'examiner et de représenter la constitution des êtres organisés actuels et des fossiles; dans les belles épreuves obtenues par MM. le Dr Lemoine et Contremoulins, les pièces osseuses ou cornées apparaissent



Fig. 7.

elles-mêmes comme transparentes et laissent voir très nettement les détails de la conformation intérieure, la structure de la paroi osseuse, les canaux nourriciers de l'os, la structure des dents, des becs d'oiseaux, des coquillages, etc.

Enfin, la science pure s'accroît ainsi d'un vaste champ de recherches, qui touche à la physique moléculaire et à l'électricité.

V

THÉORIE

Certaines propriétés des rayons X, telles que la facilité avec laquelle ils produisent la phosphorescence et la fluorescence et impressionnent la plaque photographique, ont porté à les considérer comme une espèce particulière de rayons lumineux, c'est-à-dire comme caractérisés par des vibrations transversales.

Mais comme ils se propagent sans donner lieu à des phénomènes sensibles de réfraction ou de diffraction, on est conduit à leur supposer une longueur d'onde extrêmement petite, trop faible pour produire des déviations ou des franges d'interférence appréciables.

D'autre part, puisqu'ils traversent un grand nombre de corps opaques aux radiations de longueurs d'onde connues, et qu'ils sont au contraire absorbés par des corps transparents pour ces mêmes longueurs d'onde, ils doivent se trouver au-delà de la limite inférieure observée jusqu'ici.

Or, d'après les travaux de Schumann sur la photographie des radiations de très petites longueurs d'onde dans les environs de cent millioniémes de millimètre

(la longueur d'onde du violet est d'environ 400), les milieux optiques, la gélatine, l'air lui-même, présentent à ces radiations une absorption si grande qu'il devient indispensable de réduire au minimum l'épaisseur de la couche de gélatinobromure et d'opérer dans le vide ; une couche d'air d'un millimètre d'épaisseur forme écran opaque.

Les rayons X seraient donc situés beaucoup plus loin dans l'ultra-violet, de l'autre côté de cette région pour laquelle l'air est si absorbant. Il peut se faire, en effet, qu'il y ait là un maximum d'absorption, suivi d'une région pour laquelle l'air reprenne peu à peu sa transparence au fur et à mesure que la longueur d'onde continue à décroître. La longueur d'onde très faible à laquelle arriveraient les rayons X pourrait être réduite à la dimension des espaces intermoléculaires, ce qui expliquerait la facilité avec laquelle ils traversent un grand nombre de corps. Toutefois, on en est réduit à une simple hypothèse, sans qu'il soit possible, pour le moment, d'en vérifier directement la valeur par des recherches expérimentales exécutées sur des vibrations lumineuses d'aussi petite longueur d'onde, puisque celles-ci échappent encore à l'observation.

Une autre hypothèse, celle des vibrations longitudinales de l'éther, a été proposée par M. Jaumann, et Röntgen lui-même n'y est pas opposé; mais c'est là un champ peu exploré, pour lequel les vérifications expérimentales manquent encore davantage.

Quelle que soit, d'ailleurs, l'espèce du mouvement vibratoire, s'il existe réellement, on aura à en chercher la cause en remontant à la source sur l'obstacle frappé par les rayons cathodiques à l'intérieur du tube. Comme une seule décharge de la bobine suffit pour

produire les rayons X, on sera amené à examiner si les vibrations de ces rayons ne proviennent pas d'oscillations extrêmement rapides développées par le choc des rayons cathodiques sur l'obstacle, et facilitées par le degré de vide qui règne dans l'ampoule.

En résumé, si les rayons X constituent déjà, au point de vue pratique, un procédé complet et en état de rendre de très utiles services, ce que nous connaissons de leurs propriétés, quoique formant aujourd'hui un ensemble important, est encore insuffisant pour nous en révéler la véritable nature.

R. COLSON.

Avril 1897.

NOTE

SUR LE

MONTAGE DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DES VOITURES ET FOURGONS

SUR LE CHEMIN DE FER DU NORD

EXPOSÉ.

L'éclairage intérieur des voitures à voyageurs a toujours été un problème difficile et délicat à résoudre; il a été de tout temps et à juste titre l'objet des préoccupations des Ingénieurs des Compagnies de chemins de fer.

Le besoin d'un bon éclairage se fait cependant de plus en plus sentir: en effet qu'il s'agisse d'un court ou d'un long trajet, le voyageur a le désir, pendant son voyage, de lire et même de travailler ou de s'occuper d'affaires; pour cela, il est nécessaire que le compartiment soit bien éclairé quelle que soit la place occupée. Un bon éclairage donne en outre au voyage une sensation différente de celle qu'on éprouve dans un compartiment mal éclairé.

Depuis plusieurs années, les Compagnies de chemins de fer ont apporté à l'éclairage de leurs voitures, des améliorations constantes et nombreuses par l'application de lampes à huile et à pétrole de modèles perfec-

tionnés et par l'emploi du gaz comprimé, qui remplacent avantageusement la lampe fumeuse à mèche plate qui a été pour ainsi dire le point de départ de l'éclairage des trains de chemins de fer.

Aujourd'hui, après des essais divers et multiples dont les premiers paraissent avoir été entrepris par la Compagnie du chemin de fer du Nord vers l'année 1885, l'éclairage électrique commence à entrer dans la pratique tant en France qu'à l'étranger.

L'électricité offre sur les divers modes d'éclairage en usage certains avantages: les lampes à incandescence peuvent donner le pouvoir éclairant désiré, avec une lumière d'une fixité absolue; elles font disparaître toutes les difficultés connues tant au point de vue de l'aérage, de l'allumage et de l'extinction, et même de l'entretien. Il n'y a plus aucun danger d'incendie ou d'explosion en cas de collision ou de déraillement. Enfin, grâce à l'emploi sur chaque véhicule, comme source d'électricité, des accumulateurs électriques qui ont fait de notables progrès depuis quelques années, on peut obtenir comme avec tout autre système d'éclairage perfectionné l'indépendance complète des véhicules.

Ce que nous avons dit tout à l'heure à propos du bon éclairage à adopter pour les voitures à voyageurs s'applique plus particulièrement aux bureaux ambulants de l'Administration des Postes. En effet, on sait qu'il se fait dans ces voitures et d'une manière à peu près générale, un service très chargé; le personnel doit, la plupart du temps, y faire des opérations minutieuses le jour comme la nuit avec les lampes allumées presque en permanence; on peut donc dire que tant pour les besoins du service que pour des raisons d'humanité,

il est indispensable d'assurer dans ces wagons un éclairage qui permette de travailler aussi rapidement et aussi sûrement la nuit qu'avec la lumière du jour.

L'Administration française a compris depuis longtemps cette nécessité, en faisant mettre à l'essai, sur le réseau du chemin de fer du Nord, un certain nombre de bureaux ambulants éclairés à la lumière électrique, mais je dois dire que l'Allemagne et l'Autriche, s'inspirant sans aucun doute des essais faits en France, ont dores et déjà adopté sur une grande échelle, l'éclairage électrique à leurs voitures du service des Postes.

Nous allons faire connaître les dispositions adoptées dans les voitures de la compagnie du Nord et dans les bureaux ambulants de l'Administration des Postes.

L'éclairage électrique, appliqué sur les voitures de 1re, de 2e et de 3e classes et les fourgons de la compagnie, est réalisé à l'aide des appareils et du matériel désigné ci-après (*) :

1° Une batterie d'accumulateurs;

2° Coffres en bois ferrés fixés au châssis du véhicule pour porter les accumulateurs;

3° Une boîte contenant : A un réducteur avec lequel on peut soit augmenter ou diminuer de deux éléments la batterie d'accumulateurs, soit isoler celle-ci du circuit d'éclairage ou de charge, et B deux prises de courant pour la charge des accumulateurs;

4° Des bornes de jonction des câbles qui permettent de séparer la caisse de la voiture de son châssis sans démonter les circuits d'éclairage;

5° Un commutateur d'allumage à double effet;

(*) L'application de l'éclairage électrique sur les voitures de luxe de la Compagnie ne diffère que par le nombre, l'appareillage et l'emplacement des lampes.



6° Un contact double à pistons par compartiment et par lanterne ;

7° Un support de lampe avec contacts électriques, réflecteur et lampe à incandescence par compartiment ;

8° Trapillon en matière isolante adapté à la lanterne de chaque compartiment ;

9° Câbles isolés reliant entre eux les appareils ci-dessus.

DESCRIPTION.

1° *Batterie d'accumulateurs.* — La batterie d'accumulateurs se compose de 16 éléments disposés deux à deux dans des paniers en osier (*fig.* 1). Chaque élément est constitué par un vase en matière isolante et inattaquable aux acides, pouvant contenir 7, 9, 11 ou 13 plaques 100 × 200 selon la durée d'éclairage à obtenir :

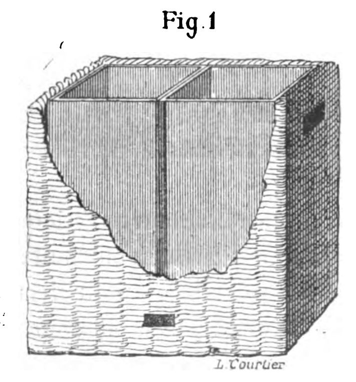


Fig. 1

Cette durée varie après charge complète et selon le nombre des plaques et le nombre des lampes à alimenter de 30 à 50 heures.

Les plaques ont 6 millimètres d'épaisseur pour les négatives et 7 millimètres pour les positives ; le poids des premières est de $0^{kg},980$ et celui des secondes de $1^{kg},500$.

Chaque élément avec ses accessoires pèse :

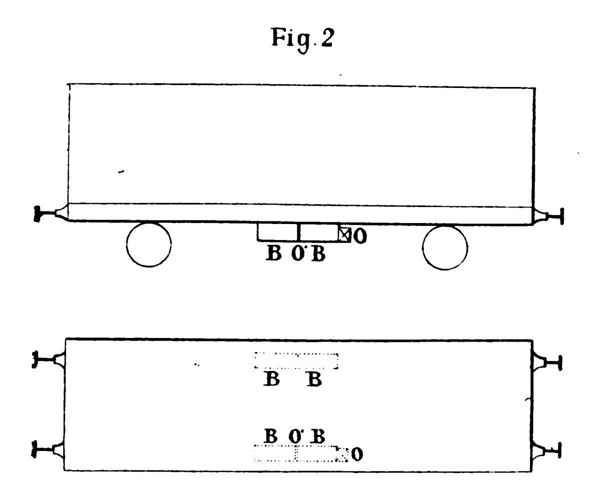
Élément à	7	plaques	15kg,200
—	9	—	17 ,700
—	11	—	19 ,260
—	13	—	20 ,740

A ce poids, il faut ajouter celui du panier qui est de 0kg,800 pour les deux éléments qu'il porte, soit 6kg,400 à ajouter à une batterie de 16 éléments complets des quatre types ci-dessus.

La capacité est de 10 ampères heures par kilogramme de plaques.

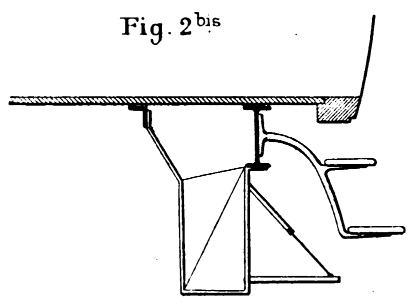
2° *Coffres pour accumulateurs.* — Les accumulateurs sont rangés dans quatre coffres BBBB (*fig.* 2)

Fig. 2



suspendus aux longerons du véhicule, à raison de deux de chaque côté de la voiture. Les deux coffres d'un même côté sont souvent accolés l'un à l'autre et ne constituent plus alors qu'un seul coffre avec séparation; chaque coffre contient deux paniers de deux accu-

mulateurs; il est muni d'une porte qui se rabat horizontalement et reste solidement maintenue dans cette position par deux attaches en fer, de manière à faciliter la manœuvre des accumulateurs (*fig.* 2bis).


Fig. 2bis

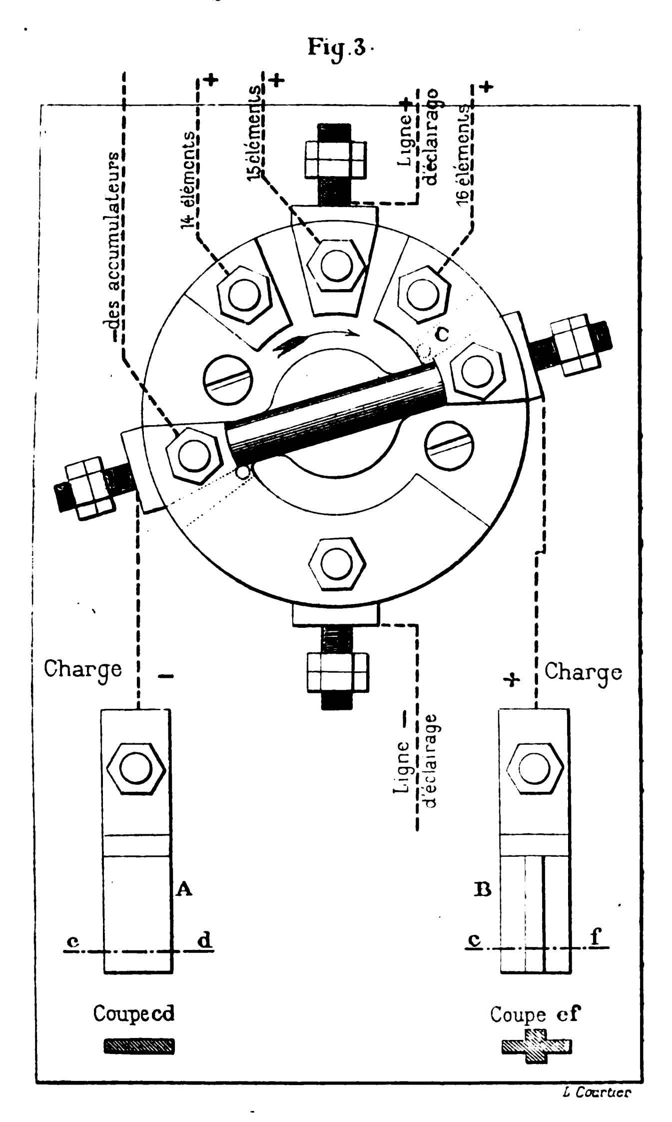
Les portes sont fermées à l'aide de deux verrous fonctionnant avec une clé triangulaire indépendante et sont en outre munies d'un dispositif permettant de les plomber pour le cas où les voitures doivent franchir les frontières. L'intérieur de ces coffres est peint à la peinture à l'huile, puis goudronné à chaud.

3° *Réducteur et prises de courant.* — Le réducteur est enfermé dans une boîte fixée à la paroi latérale de l'un des coffres contenant les accumulateurs (en O (*) *fig.* 2); il est constitué comme l'indique la *fig.* 3; il permet à la fois de charger les accumulateurs, d'augmenter ou de diminuer le nombre des éléments en vue de régler la lumière et d'isoler les lampes ou les accumulateurs.

Pour opérer la charge des accumulateurs, on place la manette du réducteur dans la position qu'elle occupe dans la *fig.* 3 et les poignées des câbles souples amenant le courant de la source d'électricité se mettent sur les pattes de charge fixées au-dessous du réducteur (A B).

(*) Quand les coffres B B sont séparés, la boîte contenant le réducteur se fixe en O', contre la paroi latérale du coffre de gauche.

Fig. 3.



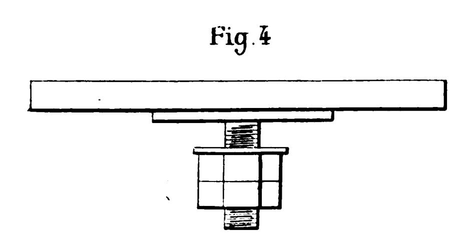
Pour éviter toute erreur dans la position des câbles, chaque patte de charge se termine par une saillie

affectant pour l'une, la forme du signe +, pour l'autre, celle du signe —, ces saillies sont introduites dans les cavités de formes correspondantes qui existent à l'extrémité des poignées auxquelles sont reliés les câbles souples.

Lorsque les choses sont ainsi disposées, le pôle négatif de la charge est relié au pôle négatif des accumulateurs et le pôle positif de la charge au pôle positif de ceux-ci. Si l'on fait ensuite tourner la manette dans le sens de la flèche jusqu'à ce qu'elle vienne toucher la butée C, on relie le pôle négatif du circuit d'éclairage au pôle négatif des accumulateurs et le pôle positif du circuit d'éclairage au pôle positif de 16, de 15 ou de 14 éléments de la batterie d'accumulateurs.

4° *Bornes de jonction.* — Les bornes de jonction au nombre de 7 (*fig.* 4) relient entre eux les câbles fixés à la caisse et sur le châssis : elles sont abritées par des couvercles en zinc ; en enlevant ces couvercles, en desserrant les écrous des bornes et en détachant les câbles, on rend possible la séparation de la caisse et du châssis sans produire l'arrachement d'aucun conducteur.

Fig. 4



5° *Commutateurs d'allumage.* — L'allumage ou l'extinction de toutes les lampes d'une voiture se fait par un interrupteur ou commutateur (*fig.* 5) logé dans

un abri en zinc et fixé à l'une des extrémités de la caisse en C (*fig.* 5bis) et sous les supports des lanternes signaux d'angles adaptés à chaque voiture.

Le montage des circuits est tel que l'allumage et l'extinction peuvent être faits par ce commutateur en longeant le train soit sur les marchepieds, soit sur le quai même où le train est en stationnement; la *fig.* 6 donne le schéma des communications électriques.

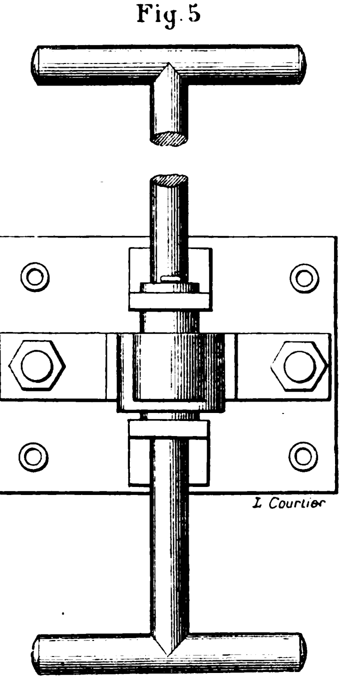


Fig. 5

Pour manœuvrer le commutateur, il suffit de tourner l'une des deux clefs apparentes de chaque côté du véhicule en *b b'*; la clef entraîne dans son mouvement de rotation un cylindre auquel elle sert d'axe. Ce cylindre tourne entre deux frotteurs auxquels il présente alternativement deux secteurs métalliques et deux secteurs en matière isolante; une tringle de commande permet de manœuvrer le commu-

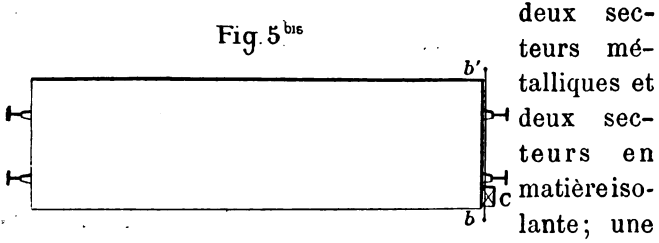


Fig. 5bis

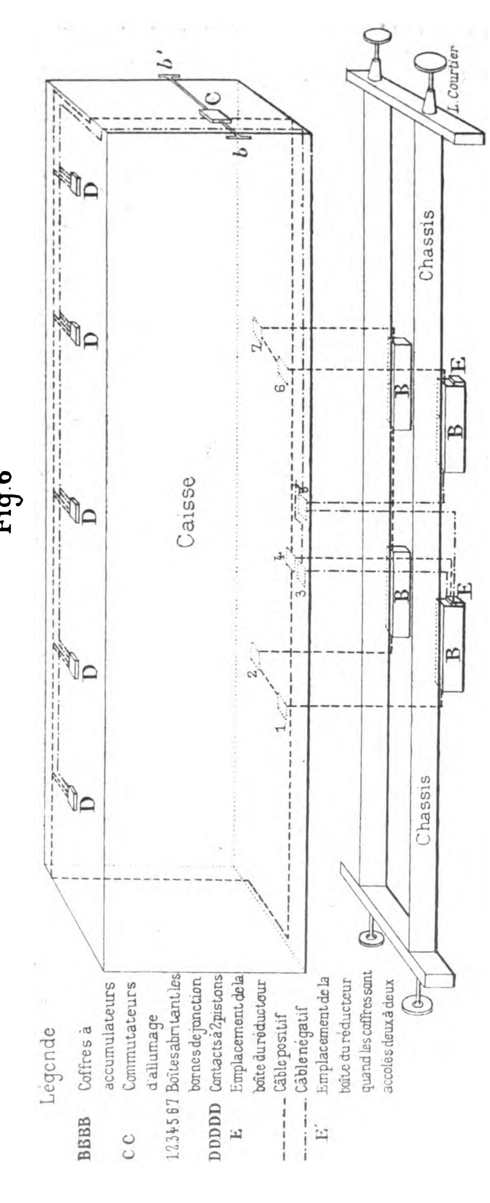


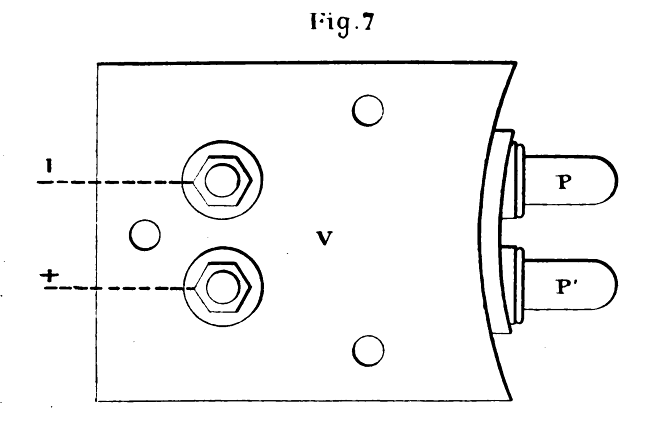
Fig. 6

tateur de chaque côté de la voiture ; on réalise ainsi l'allumage ou l'extinction des lampes.

6° *Contact double à pistons.* — Afin d'amener le courant des accumulateurs à la lampe sans opération autre que la mise en place du support de lampe, on se sert d'un appareil appelé contact double à pistons (*fig.* 7). Il se compose d'un socle en bois préparé V dont l'un des bords vient affleurer le bord de l'ouverture dans laquelle se loge la lanterne de chaque compartiment. Il est

abrité par une boîte en zinc avec couvercle à charnières pour faciliter le service d'entretien. Deux pistons métalliques arrondis à leur extrémité PP' et pouvant se mouvoir horizontalement dans deux cavités du socle font alors saillie à l'intérieur de la lanterne dont la paroi verticale a été percée d'une ouverture

Fig.7



spéciale; les contacts sont enfin maintenus dans cette position par des ressorts à boudin qui tendent toujours à les rappeler à leur point de départ.

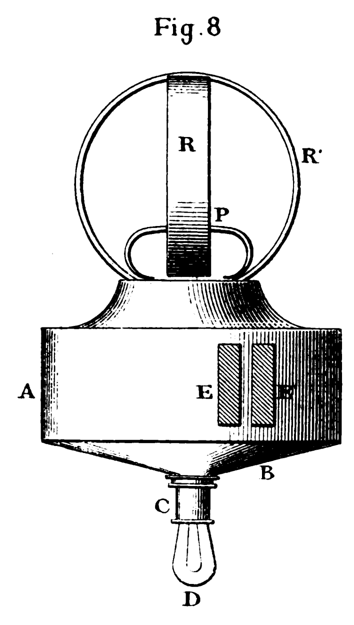
Chaque contact est relié respectivement aux deux pôles du circuit d'éclairage.

Lorsqu'on introduit le support de lampe à sa place, il refoule les deux contacts à pistons qui se trouvent alors en contact intime avec deux pièces métalliques fixées sur le pourtour du support en relation avec la lampe électrique.

7° *Support de lampe.* — Le support de lampe (*fig.* 8) se compose d'une calotte en zinc A, portant un

réflecteur en tôle émaillée très blanc B, une douille C, une lampe à incandescence D, deux contacts électriques E E′ qui doivent correspondre rigoureusement au contact double à piston décrit à l'article 6; sur la calotte est fixée une poignée P pour enlever l'appareil et des ressorts métalliques destinés à maintenir l'appareil dans la lanterne (R R′).

Fig. 8



Le support est construit de façon à pouvoir être remplacé par les lampes à l'huile et à permettre ainsi à volonté la substitution d'un éclairage à l'autre.

Les lampes à incandescence employées pour l'éclairage électrique des voitures sont d'un voltage uniforme de 25 volts et ont une intensité lumineuse de 6 à 10 bougies.

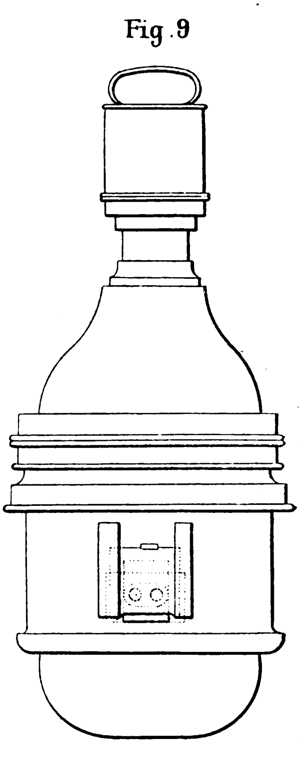
8° *Trapillon de la lanterne.* — La lanterne (*fig.* 9) porte un trapillon en fibre vulcanisée qui peut monter ou descendre et par conséquent cacher ou rendre apparents les contacts à piston pour le cas de la substitution d'une lampe à huile à la lampe électrique et réciproquement.

Dans la pratique pour mettre la lampe à l'huile, il faut descendre à fond le trapillon de manière à dissimuler complètement les contacts à piston. Pour

remettre la lampe électrique, il est nécessaire de relever le trapillon.

La coupe en cristal qui protège la lampe est du modèle des premières classes pour toutes les voitures.

Fig. 9



9° *Câbles isolés.* — Les câbles isolés qui relient les accumulateurs aux divers appareils ci-dessus sont en général extérieurs aux compartiments.

Une partie est fixée au châssis, l'autre à la caisse.

Le câble employé est fortement isolé au caoutchouc et recouvert d'une épaisse gaîne en plomb.

Ils courent le long de la toiture de la caisse, sous celle-ci et sur le châssis, et y sont fixés au moyen de cavaliers en fer étamés.

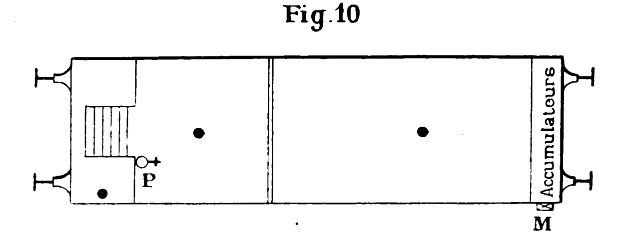
PARTICULARITÉS SE RAPPORTANT A L'ÉCLAIRAGE DES FOURGONS.

1° Les accumulateurs sont logés dans le fourgon et abrités dans une caisse spéciale placée à l'extrémité opposée (*fig.* 10) à celle qu'occupe le frein à main et le pupitre du conducteur.

2° La boîte du réducteur et des prises de charge est

fixée à l'extérieur sur un des longerons et à l'extrémité d'un des côtés de la caisse des accumulateurs en M.

Fig. 10



3° Le commutateur d'allumage est placé à l'intérieur en P.

4° L'éclairage est obtenu au moyen de trois lampes à incandescence disposées comme dans les voitures à voyageurs.

5° Les conducteurs sont intérieurs et abrités sous moulures.

PARTICULARITÉS SE RAPPORTANT A L'ÉCLAIRAGE DES BUREAUX AMBULANTS.

Les accumulateurs et le réducteur sont logés comme dans les voitures ordinaires.

Le commutateur d'allumage est placé à l'intérieur de la voiture à la portée des agents de l'Administration des Postes.

L'éclairage est obtenu au moyen de dix lampes réparties au-dessus des casiers de triages.

Les conducteurs de la charge sont extérieurs mais ceux de la décharge sont intérieurs et abrités sous moulures.

A titre d'essai, l'installation est complétée par des compteurs horaires donnant à la fois la durée de l'é-

clairage et la dépense de courant, indication très précieuse pour la charge des accumulateurs.

CHARGE ET ENTRETIEN DES ACCUMULATEURS.

La charge des accumulateurs se fait directement sur les voitures elles-mêmes au moyen de canalisations soit souterraines, soit aériennes, établies le long des voies sur lesquelles stationnent les trains.

La charge est mise en route dès la rentrée des trains dans les garages ou sur les voies où se fait le nettoyage des véhicules. — Elle se fait généralement à potentiel constant et demande entre trois et cinq heures au maximum, selon l'état des batteries. — Enfin celles-ci ne sont sorties de leurs coffres pour être visitées, nettoyées et mises en état qu'à des périodes déterminées et selon un roulement méthodique.

On réduit ainsi au minimum les frais de manutention.

E. SARTIAUX.

PERTURBATIONS ÉLECTRIQUES

SUR LES CÂBLES SOUS-MARINS (*)

Par M. W. H. PREECE

Les applications pratiques de l'électricité provoquent de temps à autre de nombreux problèmes intéressants qui tendent à développer ou à confirmer les déductions théoriques dans une mesure qui excède les rêves de l'expérimentateur enfermé dans un laboratoire. C'est ce que l'on constate plus particulièrement dans le domaine de la télégraphie sous-marine.

Les longs câbles sous-marins ne comprennent jamais qu'un seul conducteur. Les câbles multiples, c'est-à-dire les câbles possédant plusieurs âmes, sont d'ordinaire de courte longueur, et, par suite, échappent aux éléments perturbateurs qui rendent difficile le fonctionnement des grandes lignes. Toute *perturbation* résulte d'une dépense d'énergie à un point où elle ne devrait pas se produire; elle tend à réduire le rendement de la ligne. En télégraphie, une perturbation se traduit par la mutilation des signaux et une diminution de vitesse dans le travail. En téléphonie, le mot perturbation correspond à perception indistincte du langage, présence de sons étrangers et perturbateurs, réduction des distances que peut franchir la voix.

(*) Mémoire lu devant l'Association Britannique à Liverpool, Section A.

Les plus longs câbles multiples dont dispose l'Office Britannique sont ceux qui relient la côte de Suffolk et de Norfolk à l'Allemagne.

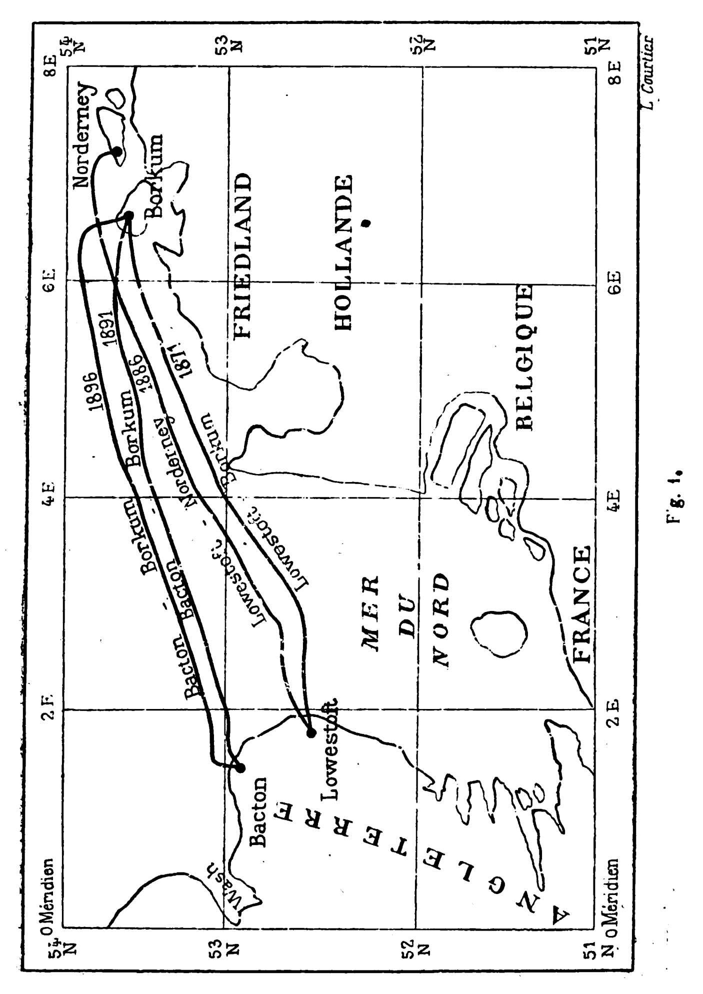


Fig. 1.

Chacun de ces câbles possède quatre âmes dont le tableau ci-dessous indique la spécification.

	DATE de la pose	LONGUEUR en milles marins	CAPACITÉ en microfarads K	RÉSISTANCE en ohms R	K R (*)	REMARQUES
Lowestoft-Norderney.	1866	225	73,1	2.710	198.100	Pas de ruban en laiton.
Lowestoft-Borkum . .	1871	225	66,0	2.666	175.950	
Bacton-Borkum. . . .	1891	211	63.0	2.380	149.940	
Bacton-Borkum. . . .	1896	224	84,0	1 500	126 000	Ruban en laiton spécial autour de chaque âme.

(*) Le produit KR exprime cette loi que la constante de temps d'un circuit varie dans la même proportion que le produit de sa capacité active et de sa résistance ohmique.

Le câble de Norderney, ainsi que les autres lignes de la mer du Nord, ayant été attaqué par le *Limnoria terebrans*, petit mollusque perforateur, on décida d'envelopper les âmes de tous les nouveaux câbles d'un ruban de laiton et de constituer ainsi un obstacle susceptible d'arrêter ce parasite. Jusque-là le ruban de laiton n'avait été utilisé que dans ce seul but. On l'appliqua autour de *l'ensemble des âmes*, après les avoir câblées ensemble ; mais, pour des motifs qui vont être expliqués plus loin, dans le second câble Bacton-Borkum, immergé au cours de cette année, chacune des âmes a été enveloppée *individuellement* du ruban métallique.

Ces quatre câbles, formant seize conducteurs, sont généralement desservis par des Hughes ; sauf sur deux fils où l'on emploie le système Morse à double courant. Tous ces conducteurs utilisent la terre comme retour. Les perturbations dues à l'induction ont été observées sérieusement pour la première fois après l'immersion du câble Bacton-Borkum en 1891. Ce dernier câble appartient au type ordinaire, à quatre âmes, du Post-Office ;

il ne contient pas de ruban en laiton comme le montre la *fig.* 2. Dès qu'on eût commencé à faire fonctionner les quatre fils, on constata, bien qu'il s'agit d'un câble parfait renfermant du cuivre de qualité exceptionnelle et de la gutta-percha d'une capacité statique moindre que celle de la gutta-percha ordinaire, que le travail au Hughes sur ses quatre conducteurs donnait des résultats fort peu satisfaisants. Douze mois après l'immersion, on procéda à une série d'observations sur les trois câbles anglo-allemands alors existants, et on reconnut que le câble de Borkum 1891 donnait lieu à beaucoup plus de perturbations que les anciens câbles de la voie Lowestoft. Après un examen attentif, on arriva à conclure que la différence provenait d'une fabrication mécanique plus parfaite du nouveau câble grâce à laquelle la composition extérieure était demeurée intacte et avait empêché l'eau de mer de pénétrer jusqu'au fil de chanvre entourant les âmes. Il en résultait que la protection contre l'induction qui était réalisée dans les anciens câbles par suite de la saturation des enveloppes par l'eau salée ne se produisait pas bien dans ce dernier modèle. On supposa donc que le nouveau câble deviendrait meilleur en prenant de l'âge. La perturbation constatée apparut sous une forme plus accentuée encore, lorsqu'on chercha à le desservir avec le système Hughes en *duplex* et aussi lorsqu'on fit l'essai du système automatique Wheatstone sur l'une des âmes. On constata qu'il était tout juste possible de travailler avec le

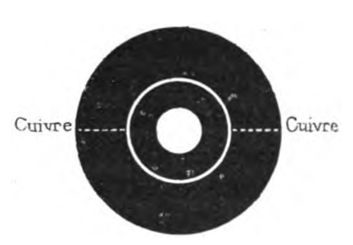


Fig. 2.

Hughes en duplex, mais que, par suite de la perturbation résultant des autres âmes, les signaux parvenaient fréquemment mutilés, au point de rendre le travail par trop incertain pour les besoins du trafic ordinaire. Quant aux perturbations affectant le Wheatstone, elles étaient plus graves encore.

Le Hughes, comme on le sait, est actionné par des courants courts, brusques et intermittents, séparés les uns des autres par des intervalles de temps variables. Ces intervalles de temps déterminent la lettre qui doit s'imprimer.

Les causes de perturbations sont l'induction et la perte de courant. Nous pouvons laisser de côté cette dernière cause, car l'isolement de nos câbles est pratiquement parfait. L'induction, elle, peut être ou *électrostatique* ou *électromagnétique*. C'est surtout la première qui réduit la vitesse du travail en télégraphie et qui porte atteinte à la clarté du langage en téléphonie. Une partie de l'énergie du courant se trouve absorbée par la capacité de la ligne; emmagasinée comme charge, elle produit dans la décharge un retard et une prolongation des signaux. L'induction électrostatique d'une âme à l'autre est la cause principale de la perturbation entre les conducteurs des câbles multiples. L'induction électromagnétique, elle aussi, produit des perturbations sérieuses sur les conducteurs rectilignes et parallèles qui utilisent la terre comme retour, tant en téléphonie qu'en télégraphie ; mais entre les deux fils d'un circuit métallique, elle peut exercer en téléphonie une influence fort avantageuse.

Il est très facile de différencier les effets électrostatiques des effets électromagnétiques. Les premiers changent de sens à chaque extrémité du fil au moment

de la décharge. Les derniers conservent toujours leur même direction. Les premiers varient avec le *voltage*, les derniers avec l'*intensité*.

Au cours des expériences avec le système Wheatstone, dont j'ai parlé tout à l'heure, on a constaté que les perturbations produites sur les appareils Hughes et dues à la transmission automatique sur une autre âme du même câble, s'accroissaient avec la rapidité du travail. Ainsi, avec le même voltage, 80 volts en transmettant à la main (30 mots par minute) l'effet était négligeable; en employant le transmetteur automatique, à raison de :

	40	mots par minute,	l'effet	était sensible;
	50	—	—	était sérieux;
avec la vitesse maximum,	70	—	—	empêchait toute réception.

Les plus grandes perturbations apparaissaient lorsque le Wheatstone et le Hughes fonctionnaient dans des directions opposées. Les signaux du Hughes se trouvaient être parfois en avance et parfois en retard : par suite, ils parvenaient mutilés au point de rendre la réception impossible. Le fait était dû à la concordance ou à l'interférence qui se produit dans deux circuits parallèles. Lorsque l'influence mutuelle, électrostatique ou électromagnétique, soit chacune isolément soit toutes les deux réunies, produit sur l'un ou l'autre conducteur des courants notablement augmentés ou très diminués, l'un avancera et l'autre retardera les signaux de manière à rendre impossible la communication télégraphique. Le ruban de laiton disposé autour de chaque âme met les conducteurs entièrement à l'abri de l'induction électrostatique.

Ce mode de garniture indépendant pour chaque âme appliqué au câble de 1896 a complètement répondu

à mes prévisions. Les perturbations sur les câbles se trouvent ainsi réduites à une quantité négligeable; elles ne sont que 1/6 de celles observées sur le câble de 1891. Elles disparaîtraient complètement si nous parvenions à écarter les effets électromagnétiques. La vitesse de travail possible sur le nouveau câble, au bout de quelques mois d'immersion, est de 33 p. 100 supérieure à celle du câble de 1891 ; mais le fait est dû surtout à la réduction du produit KR. Les deux courbes de la *fig.* 3 montrent l'amélioration survenue dans les signaux.

1891 CÂBLE

1896 CÂBLE

Fig. 3.

La constante de temps (*) du câble de 1891 = 0,0513 seconde et celle du câble de 1896 = 0,0450, d'après les mesures obtenues avec l'appareil Hughes, lequel est un chronographe de premier ordre.

CÂBLES TÉLÉPHONIQUES

Il est une forme importante du câble multiple qu'il importe d'examiner : celle nécessaire pour la communication téléphonique. Le câble entre l'Angleterre et la France, qui forme

(*) La constante de temps dont il s'agit ici est le temps employé par un courant pour atteindre la force nécessaire au fonctionnement d'un relais normalement réglé.

la section de la Manche du circuit téléphonique Londres-Paris, a des âmes du type ordinaire (Voir *fig.* 1). L'isolement est donné par de la gutta-percha, mais sa capacité et sa résistance sont réduites à un minimum. Il fournit deux circuits entre Londres et Paris et fonctionne d'une manière très satisfaisante. Mais nous avons besoin de franchir des distances plus grandes; nous espérons même arriver à reproduire la voix humaine au-delà de l'Atlantique. Or, le câble Douvres-Calais appartient à un type qui ne pourrait être employé efficacement pour un parcours supérieur à 30 milles marins. Nous sommes séparés de la Belgique par une distance de 47 milles marins, de la Hollande par 108 milles marins, de l'Allemagne par 211 milles marins. En employant comme diélectrique le papier qui accuse la moitié de la capacité inductive spécifique de la gutta-percha, et étant données nos dernières expériences des intervalles d'air, ne pouvons-nous pas imaginer un nouveau type de câble capable de franchir des distances plus grandes? Pour ce faire, il nous faut éliminer toutes les perturbations et réduire à leurs limites les plus basses la capacité et la résistance. Le premier désidératum s'obtient sans peine, car les circuits bien isolés et symétriquement enroulés se trouvent être à l'abri de toutes les perturbations extérieures. Quant au deuxième désidératum, sa solution est plus compliquée et comporte de grandes difficultés pratiques : il s'agit en effet de réduire la constante de temps d'un circuit métallique de manière à la rapprocher de zéro.

Si la constante de temps n'existait pas, les ondes de courant s'élèveraient immédiatement à leur maximum d'intensité et retomberaient aussi rapidement à zéro.

Si nous parvenions à diminuer sensiblement les causes de retard, la communication téléphonique deviendrait possible à de grandes distances. Ce résultat peut théoriquement s'obtenir en neutralisant l'effet de la capacité statique par l'effet opposé de l'induction électromagnétique.

Les conditions qui retardent les ondes de courant et déterminent ainsi les constantes de temps sur les simples conducteurs enfermés dans un diélectrique cylindrique solide diffèrent notablement de celles qui sont relatives aux circuits doubles ou boucles métalliques formées de deux fils parallèles. En 1855, lord Kelvin a étudié les cas des courants directs et de la capacité distribuée sur un simple fil complété par la terre.

La surface du conducteur dans un pareil câble, représente l'une des armatures d'un condensateur; la terre constitue l'autre armature. En chaque point du conducteur cette capacité doit se trouver remplie. Le travail consiste à produire le champ électrique. Des lignes de force électrique prennent naissance dans le milieu, leur nombre dépend de la force électromotrice excitatrice, de l'épaisseur et de la capacité inductive spécifique du diélectrique. L'énergie est emmagasinée. La charge ainsi produite devra être neutralisée ou dissipée. De là une décharge à la terre par chacune des extrémités — ce qui, avec la résistance du circuit, produit le retard des signaux.

On a tenté d'obtenir la neutralisation dans la télégraphie sous-marine en émettant des courants inversés, mais on n'a ainsi obtenu qu'un résultat partiel.

Avec des conducteurs parallèles et l'emploi du téléphone, les conditions sont fort différentes. L'éner-

gie totale dépensée sur un circuit quelconque, dans un temps donné, se divise en trois parties :

1° Celle dépensée pour vaincre la résistance,
2° — produire le champ électrique,
3° — — magnétique.

Dans chaque cas, nous avons à examiner l'énergie qui est emmagasinée et celle qui est dissipée. La première donne naissance à un retard, la seconde correspond à un travail effectué et par conséquent à une diminution d'énergie utilisable. Il faut tenir compte avec soin des directions dans lesquelles agissent les différentes causes perturbatrices, car il peut arriver qu'elles s'opposent l'une à l'autre et qu'elles dirigent l'énergie dans son canal normal avec des conditions modifiées et plus favorables. Par exemple, si tout l'effet du champ magnétique est neutralisé par l'effet du champ électromagnétique, l'énergie totale développée se trouve dépensée sur le circuit lui-même, les perturbations s'éliminent et le fonctionnement s'améliore. Tel est le cas d'un circuit métallique qui a un transmetteur microphonique à une extrémité et un récepteur téléphonique à l'autre. La capacité d'un pareil système tendra à emmagasiner une partie de l'énergie de chaque conducteur, mais l'induction électromagnétique qui s'exerce entre eux tendra à pourvoir au déficit. Si les deux fils de la boucle sont très distants l'un de l'autre, l'influence de l'induction mutuelle sera beaucoup moindre que celle de la capacité. Au fur et à mesure que ces deux fils se rapprocheront, l'induction électromagnétique devra s'accroître plus rapidement que l'induction électrostatique, jusqu'à ce qu'enfin, à la limite où les deux taux d'accroissement coïncident,

une induction doit exactement neutraliser l'autre. Nous nous rendrons peut-être mieux compte du phénomène ci-dessus en examinant un câble concentrique : car, dans ce dernier cas, le nombre des lignes de force électrique n'augmente pas, tandis que le nombre des lignes de force magnétique qui coupent les autres conducteurs s'accroît rapidement au fur et à mesure que le conducteur extérieur se rapproche du conducteur intérieur. L'induction maximum provenant de chaque source doit se produire lorsque les conducteurs se trouvent être infiniment rapprochés l'un de l'autre, et ce maximum doit égaler le courant primaire, car il ne peut l'excéder en l'absence d'une nouvelle création d'énergie. Ainsi, à mesure que le diélectrique séparateur devient de plus en plus petit, les deux effets se rapprochent toujours davantage, jusqu'à ce qu'enfin, au contact absolu, ils s'annulent l'un l'autre. Tel doit être le résultat si ce sont là les seules conditions existantes; la constante de temps doit diminuer à mesure que les deux conducteurs se rapprochent l'un de l'autre et, là où la limite extrême se trouve atteinte, cette constante doit disparaître. On a construit et installé dans les rues de Londres 20 milles de câble concentrique (*fig.* 4) isolé avec du papier, pour éprouver la justesse du raisonnement ci-dessus, et on a établi des comparaisons avec des conducteurs ordinaires, parallèles et cylindriques,

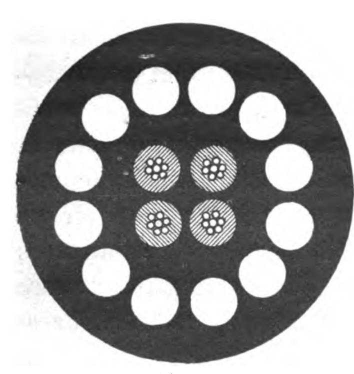


Fig. 4.

isolés avec de la gutta-percha et du papier et de l'air. Le résultat obtenu a été très encourageant ; mais une difficulté imprévue s'est manifestée du chef de l'absence de symétrie dans la capacité de chaque conducteur et de la terre, la résistance d'isolement de chaque conducteur était en outre différente ; il en est résulté que, lorsque le câble concentrique se trouvait joint à des fils aériens, on éprouva de sérieuses perturbations sur le circuit en service ; mais on a remédié à cet inconvénient en croisant les conducteurs du câble concentrique en différents points, si bien que chaque côté du circuit formait tantôt le conducteur intérieur et tantôt le conducteur extérieur. Mais c'est là un expédient qu'on ne saurait pas facilement employer sur un câble sous-marin. Évidemment, sur un pareil câble, il est essentiel d'avoir symétrie de capacité avec le terre et symétrie d'isolement.

L'expérience faite avec le câble concentrique montre que nous avons à examiner non seulement la capacité entre les deux conducteurs, mais aussi celle entre chaque conducteur et la terre. La symétrie peut s'obtenir si on a donné au conducteur la forme et la disposition de la *fig.* 5. Seules un certain nombre de lignes de force électrique, dépendantes du voltage présent, peuvent émaner de chaque conducteur. Plus *a* et *b* sont rapprochés l'un de l'autre (*fig.* 5) et plus ils sont éloignés de la terre, plus seront nombreuses les lignes entre les conducteurs et moins seront nombreuses les lignes se dirigeant vers la terre. Le champ électrique, dans ce

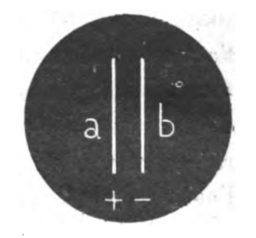


Fig. 5.

cas se trouve confiné presque entièrement à l'espace entre *a* et *b*.

Si nous examinons l'action transversale, correspondant au passage de courants téléphoniques à travers cette âme, nous trouvons que chaque conducteur est une source de force électromotrice alternante, périodique et opposée, et qu'un courant de déplacement passe au travers du diélectrique séparant *a* de *b* — courant qui varie non seulement avec les forces électromotrices et la capacité inductive spécifique, mais aussi avec la fréquence des alternances. Il n'y a pas accumulation d'énergie. Cette énergie est dissipée en chaleur, mais cette chaleur, en raison de la très minime somme d'énergie dépensée dans le travail téléphonique, ne peut être sensible.

Si nous envisageons l'action longitudinale par unité de longueur de chaque conducteur, comme il n'y a pas d'accumulation mais seulement une petite dépense d'énergie entre les conducteurs, le taux de chûte du voltage doit être nécessairement un peu plus grand que celui exigé par la loi d'Ohm. Il n'en résulte pas cependant un retard, car nous avons là le résultat de l'accumulation et du dégagement de l'énergie. La situation, cependant, est différente pour ce qui concerne l'action condensatrice entre chaque conducteur et la terre. Ici il y a nécessairement quelque accumulation d'énergie, mais une accumulation très faible pour la raison indiquée : aussi dans un système isolé comme l'est un circuit téléphonique et avec une épaisse enveloppe diélectrique, on peut négliger l'effet de ce chef.

Le problème se résout donc en cette question pratique : Quelle est la meilleur forme à donner au câble en l'état de nos connaissances actuelles et avec les

matériaux dont nous disposons? Ma solution actuelle se trouve représentée *fig.* 6. On isole les conducteurs d'abord avec du papier puis avec une épaisse couche de gutta-percha. Il n'y a du papier qu'entre les conduc-

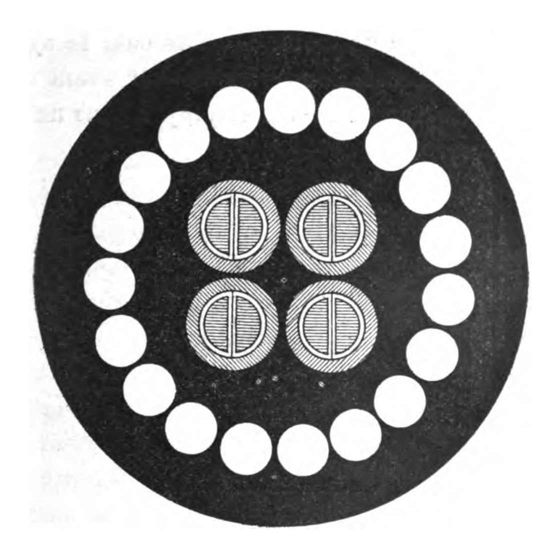


Fig. 6.

teurs. On arme ensuite et on enduit de *compound* conformément à la pratique ordinaire. Mon câble renferme quatre circuits, au lieu des deux existants sur la ligne Londres-Paris.

Avec un pareil câble, je crois bien qu'on pourrait converser entre l'Angleterre et l'Allemagne; mais pour déterminer et résoudre les questions pratiques que comporte la construction de ce câble, nous nous proposons d'en fabriquer un, de petite longueur, qui reliera l'Angleterre à l'île de Wight. Si mon raisonnement est juste, et jusqu'ici l'expérience l'a confirmé, non seulement nous pourrons parler à de grandes

distances, mais on devra modifier le type des câbles transatlantiques : car ce qui est juste pour la téléphonie doit l'être également pour la télégraphie. Les câbles transatlantiques futurs, à égalité de poids de cuivre, pourraient transmettre par heure un bien plus grand nombre de mots. En tous cas, le système ci-dessus exposé doit nous faire hésiter avant d'arrêter le mode de construction à employer pour un câble transpacifique.

NOTE

SUR LE MÉMOIRE DE M. PREECE

L'intéressant mémoire publié ci-dessus contient, dans sa première partie, des renseignements très détaillés sur le fonctionnement des câbles reliant l'Angleterre à l'Allemagne et, en particulier, sur les perturbations produites par l'induction des conducteurs voisins. On pourrait en tirer d'utiles conclusions, mais le but de la présente note est seulement d'examiner la question posée par M. Preece dans la seconde partie du mémoire et qu'il formule ainsi : « Dans l'état actuel de nos connaissances et avec les matériaux dont nous disposons, quelle est la meilleure forme à donner à un câble pour arriver à la téléphonie sous-marine à grande distance ? »

M. Preece admet d'abord que, si le câble est à conducteurs multiples, il est indispensable d'adopter des circuits à double fil disposés de manière à éviter toute induction. C'est, en effet, la seule manière de se mettre à l'abri des perturbations extérieures, et l'administration française a admis cette disposition pour tous ses câbles souterrains, même pour les câbles télégraphiques, qui sont tous actuellement fabriqués par paires.

L'auteur dit ensuite qu'on doit s'efforcer, dans la construction du câble, de diminuer le plus possible la résistance et la capacité, ce qui est hors de contesta-

tion; puis il reconnaît qu'on peut diminuer la « constante de temps », qui, d'après la définition donnée, est proportionnelle à CR, pour des relais identiques, en neutralisant l'effet de la capacité statique par l'effet opposé de l'induction électro-magnétique (ou self-induction). C'est, en effet, le résultat à atteindre, et cette proposition est conforme à la théorie de la propagation exposée par M. Vaschy dans les *Annales* (novembre-décembre 1888) et dans son *Traité d'électricité et de magnétisme*.

Jusque-là je n'ai aucune objection à présenter, mais le reste des conclusions du rapport ne me paraît pas exact.

Après avoir, en effet, posé le principe précédent qu'il y a lieu de chercher à neutraliser la capacité par la self-induction, l'auteur fait un raisonnement basé sur l'utilisation de l'énergie dans la transmission, qui l'amène à conclure ainsi : « Si les deux fils de la boucle sont très distants l'un de l'autre, l'influence de l'induction mutuelle sera beaucoup moindre que celle de la capacité. Au fur et à mesure que ces deux fils se rapprocheront, l'induction électromagnétique devra s'accroître plus rapidement que l'induction électrostatique jusqu'à ce qu'enfin à la limite où les deux taux d'accroissement coïncident une induction doit exactement neutraliser l'autre. »

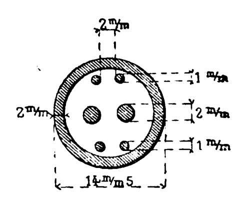
Il s'agit évidemment des quantités que nous appelons en France self-induction et capacité; et l'auteur déduit de ce raisonnement le modèle de câble qu'il propose, c'est-à-dire qu'il s'efforce de rapprocher, le plus possible, les conducteurs d'une même boucle en leur donnant en outre une forme aplatie.

Or, d'après la théorie (Maxwell, t. II, § 688) et con-

formément aux quelques essais qui ont été faits, la self-induction diminue avec la distance des fils de la boucle et par la substitution de conducteurs plats aux conducteurs cylindriques. Par contre, la capacité augmente. De sorte qu'en partant d'une distance déterminée des deux fils d'un circuit en boucle, on augmente les conditions défavorables en rapprochant les fils et en leur donnant une forme aplatie; car la self-induction diminue et la capacité augmente et par suite les effets opposés se neutralisent de moins en moins. Si on se décidait à faire un essai, il faudrait donc faire l'inverse de ce que préconise le mémoire.

En ce qui concerne la fabrication même du câble, M. Preece dit qu'on pourrait avoir recours au papier avec espaces d'air pour l'isolant; ceci me paraît impossible, il ne peut y avoir d'air dans un câble sous-marin dont les différentes sections seront soumises à des pressions variant de 0 à 300 kilogrammes par centimètre carré pour des fonds de 3.000 mètres. Mais, pour diminuer la capacité, il y a intérêt à employer une matière ayant une capacité inductive plus faible que la gutta. Le papier ou plus généralement la cellulose a un coefficient au moins deux fois plus faible que la gutta, son emploi serait donc justifié, mais il paraît indispensable qu'elle soit incompressible.

En terminant, M. Preece pense, qu'avec un pareil câble, on pourrait converser entre l'Angleterre et l'Allemagne. Dans l'échantillon présenté, chaque conducteur est composé de trois fils de cuivre, un



en 2 millimètres les deux autres en 1 millimètre disposés de manière à réaliser le mieux possible la forme

aplatie, et ces fils formant la boucle sont très rapprochés, car la distance n'est que de 2 millimètres. Le diamètre total de l'âme est de $14^{mm},5$. La résistance kilométrique de l'ensemble est de $7^{ohms},3$, ce qui correspond à une boucle formée de deux fils de $2^{mm},45$ soit à peu près de $2^{mm},5$.

D'après mes calculs, je suis persuadé qu'il serait impossible de téléphoner sur ce câble avec les appareils actuellement connus entre l'Angleterre et l'Allemagne. On devinerait seulement les « Allo » à cette distance de 400 kilomètres, mais un pareil câble serait néanmoins très bon pour les communications télégraphiques, et comme le dit très bien M. Preece, cette étude des communications téléphoniques sous-marines à longue distance intéresse également l'amélioration des câbles télégraphiques sous-marins, de sorte qu'elle n'est pas inutile, même si on ne réussit pas pour la téléphonie.

A. Barbarat.

NOTE

SUR

LES SURFACES ÉQUIPOTENTIELLES

De tous les problèmes qui s'offrent à l'esprit dans l'étude de l'équation de Laplace $\Delta V = 0$, celui qui est le plus souvent envisagé, consiste à rechercher si les surfaces qui sont représentées par telle ou telle équation dépendant d'un paramètre variable forment bien une famille de surfaces isothermes et à déterminer dans ce cas le potentiel en fonction du paramètre. Mais il peut arriver aussi qu'au lieu de se donner l'équation en termes finis, on sache seulement que ces surfaces satisfont à une certaine équation aux dérivées partielles; on peut se poser, par exemple, comme condition, que le champ électrique ait en tous les points une intensité de direction constante ou bien que cette intensité ait en tous les points la même valeur absolue (numérique).

Pour saisir l'intérêt que peut présenter le problème ainsi posé, il suffira de se rappeler que M. Poincaré, discutant les théories de Jaumann, a eu occasion de montrer incidemment que si les lignes de force d'un champ électrostatique sont des lignes droites, les surfaces de niveau sont des sphères ou des cylindres de révolution. Je me contenterai d'aborder les problèmes les plus élémentaires.

Considérons, par exemple, tout d'abord, le cas où le potentiel z ne dépend que des deux coordonnées rectangulaires x et y. J'appelle p, q, r, s, t, conformément à l'usage, les dérivées partielles de z du premier et du second ordre en x et y. L'équation de Laplace se réduit à $r + t = 0$.

Si la condition que l'on s'impose est que le champ électrique satisfasse à une équation de la forme

$$p = \varphi(q),$$

telle que, par exemple,

$$p^2 + q^2 = C^{te},$$

ou

$$\frac{p}{q} = C^{te},$$

pour ne parler que des deux cas mentionnés ci-dessus, on aura :

$$rt - s^2 = 0,$$

ou, en tenant compte de l'équation de Laplace,

$$r^2 + s^2 = 0,$$

d'où

$$r = s = t = 0.$$

On en déduit que les surfaces de niveau sont des plans parallèles et que l'intensité du champ (p, q) a une direction et une valeur absolue constantes en tous les points.

Autre problème. J'admets que l'intensité du champ varie en raison inverse de la distance à un point fixe; quelles seront alors les surfaces de niveau, toujours dans l'hypothèse d'un champ cylindrique?

Je prends alors des coordonnées polaires, le point fixe étant l'origine. Le potentiel z sera fonction du rayon vecteur que j'appellerai x et de l'angle polaire

que j'appellerai y. L'équation de Laplace devient :

$$(1) \qquad r + \frac{t}{x^2} + \frac{p}{x} = 0.$$

La condition imposée à la valeur numérique de l'intensité s'exprime par l'équation :

$$(2) \qquad p^2x^2 + q^2 = k^2.$$

J'ai à rechercher la fonction z la plus générale qui satisfasse simultanément à l'équation (1) et à l'équation (2).

Première méthode. Je vais intégrer l'équation (2) et rechercher parmi les fonctions ainsi obtenues celles qui satisfont à l'équation (1).

L'intégration de l'équation (2) dépend du système :

$$\frac{dx}{-x^2p} = \frac{dy}{-q} = \frac{dp}{xp^2} = \frac{dq}{0}.$$

D'où

$$q = C_1,$$
$$xp = C_2,$$
$$\log x - \frac{p}{q}xy = C_3.$$

Nous sommes amenés ainsi à adjoindre à l'équation (2) l'équation $q = a$, par exemple, a étant une constante ; on en déduit

$$p = \frac{\sqrt{k^2 - a^2}}{x}.$$

D'où

$$z = \int p\,dx + q\,dy = \sqrt{k^2 - a^2}\log x + ay + b,$$

b étant une constante. Cette fonction z représente l'intégrale complète. Pour cette fonction, on aura :

$$r = -\frac{\sqrt{k^2 - a^2}}{x^2},$$
$$t = 0,$$

et en reportant les valeurs de p, r, t dans l'équation

de Laplace, on voit qu'elle est identiquement satisfaite.

D'autre part, l'intégrale générale de l'équation (2) s'obtient, en considérant b comme une fonction de a, et supposant z définie par l'ensemble des deux équations :

$$(3) \qquad z = \sqrt{k^2 - a^2} \log x + a y + \varphi(a),$$

$$(3\ bis) \qquad 0 = \frac{-a}{\sqrt{k^2 - a^2}} \log x + y + \varphi'(a).$$

On en déduira :

$$r = -\sqrt{k^2 - a^2} \frac{1}{x^2} - \frac{a}{\sqrt{k^2 - a^2}} \frac{a'_x}{x},$$
$$t = a'_y.$$

Reportant les valeurs de p, r, t dans l'équation de Laplace, il vient, après réductions :

$$\frac{-a}{\sqrt{k^2 - a^2}} \frac{a'_x}{x} + \frac{a'_y}{x^2} = 0.$$

Intégrons cette équation aux dérivées partielles définissant a en fonction de x et de y; on obtient :

$$(4) \qquad \log x + \frac{a}{\sqrt{k^2 - a^2}} y = \psi(a).$$

Des équations (3 *bis*) et (4), on peut tirer les valeurs de $\log x$ et de y, parce que le déterminant de ces deux équations linéaires en $\log x$ et y, est différent de zéro. On aura donc ainsi deux équations

$$\log x = \chi(a),$$
$$y = \chi_1(a),$$

qui sont incompatibles, parce que l'une indique que a est fonction de x seul et l'autre de y seul. Par suite, c'est seulement l'intégrale complète qui peut satisfaire à l'équation de Laplace. Les surfaces de niveau sont donc :

$$z = \sqrt{k^2 - a^2} \log x + a y + b,$$

de Laplace, on voit qu'elle est identiquement satisfaite.

D'autre part, l'intégrale générale de l'équation (2) s'obtient, en considérant b comme une fonction de a, et supposant z définie par l'ensemble des deux équations :

$$(3) \qquad z = \sqrt{k^2 - a^2} \log x + ay + \varphi(a),$$

$$(3\ bis) \qquad 0 = \frac{-a}{\sqrt{k^2 - a^2}} \log x + y + \varphi'(a).$$

On en déduira :

$$r = -\sqrt{k^2 - a^2}\,\frac{1}{x^2} - \frac{a}{\sqrt{k^2 - a^2}}\,\frac{a'_x}{x},$$
$$t = a'_y.$$

Reportant les valeurs de p, r, t dans l'équation de Laplace, il vient, après réductions :

$$\frac{-a}{\sqrt{k^2 - a^2}}\,\frac{a'_x}{x} + \frac{a'_y}{x^2} = 0.$$

Intégrons cette équation aux dérivées partielles définissant a en fonction de x et de y; on obtient :

$$(4) \qquad \log x + \frac{a}{\sqrt{k^2 - a^2}}\, y = \psi(a).$$

Des équations (3 *bis*) et (4), on peut tirer les valeurs de $\log x$ et de y, parce que le déterminant de ces deux équations linéaires en $\log x$ et y, est différent de zéro. On aura donc ainsi deux équations

$$\log x = \chi(a),$$
$$y = \chi_1(a),$$

qui sont incompatibles, parce que l'une indique que a est fonction de x seul et l'autre de y seul. Par suite, c'est seulement l'intégrale complète qui peut satisfaire à l'équation de Laplace. Les surfaces de niveau sont donc :

$$z = \sqrt{k^2 - a^2} \log x + ay + b,$$

(le potentiel z étant une constante pour les divers points de chaque surface de niveau).

Autre méthode. Je différentie en x et en y successivement l'équation (2). J'obtiens ainsi :

$$p^2x + px^2r + qs = 0, \tag{5}$$

$$px^2s + qt = 0. \tag{6}$$

En éliminant r et s entre les équations (1), (5) et (6), il vient :

$$(q^2 + p^2x^2)t = 0.$$

D'où $t=0$ en vertu de l'équation (2), et par suite $s=0$, car p et q ne peuvent s'annuler simultanément. On a donc :

$$z = \varphi(x) + \psi(y),$$

$$\psi''(y) = 0;$$

d'où

$$\psi'(y) = q = C^{te} = a,$$

et

$$\varphi'(x) = \frac{\sqrt{k^2 - a^2}}{x};$$

d'où

$$\varphi(x) = \sqrt{k^2 - a^2}\log x + C^{te},$$

et :

$$z = \sqrt{k^2 - a^2}\log x + ay + b.$$

Cette forme de z est nécessaire, on voit aisément qu'elle satisfait bien à l'ensemble des équations (1) et (2). Le problème est donc résolu.

Troisième méthode. Nous démontrerons tout d'abord la formule connue

$$\frac{d^2V}{dn^2} - \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right)\frac{dV}{dn} = 0,$$

dans laquelle V est le potentiel en un point M de coordonnée x, y, z; R et R' les rayons de courbure principaux de la surface de niveau passant par ce point; dn l'élément de ligne de force.

Plaçons l'origine au point M, prenons pour axes

ox, oy, oz les tangentes aux lignes de courbure et à la ligne de force, on aura toujours pour l'équation de Laplace :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0.$$

L'équation de la surface de niveau sera :

$$z = \frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{R} + \frac{y^2}{R'}\right) + \ldots$$

Enfin l'intensité du champ étant normale à la surface de niveau, on aura :

$$\frac{\partial V}{\partial x} + p\frac{\partial V}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial V}{\partial y} + q\frac{\partial V}{\partial z} = 0,$$

et, en dérivant ces deux équations :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + 2p\frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} + p^2\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + r\frac{\partial V}{\partial z} = 0,$$
$$\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + 2q\frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} + q^2\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + t\frac{\partial V}{\partial z} = 0.$$

D'où, pour l'équation de Laplace :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -2p\frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} - 2q\frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} + (1 - p^2 - q^2)\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} - (r + t)\frac{\partial V}{\partial z} = 0.$$

Cette équation se simplifie pour l'origine, parce qu'en ce point on a :

$$p = q = 0, \quad r = \frac{1}{R}, \quad t = \frac{1}{R'},$$

et elle devient :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} - \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right)\frac{\partial V}{\partial z} = 0.$$

On a d'ailleurs :

$$\frac{\partial V}{\partial z}\sqrt{1 + p^2 + q^2} = \frac{dV}{dn}.$$

Si je dérive par rapport à z, j'aurai :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}\sqrt{1+p^2+q^2}+\frac{\partial V}{\partial z}\frac{p\frac{\delta p}{\delta z}+q\frac{\delta q}{\delta z}}{\sqrt{1+p^2+q^2}}=\frac{d^2V}{dn^2}\frac{dn}{dz},$$

et, par suite, à l'origine, il vient :

$$\frac{dn}{dz}=1 \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}=\frac{d^2V}{dn^2}.$$

On a donc bien :

$$\frac{d^2V}{dn^2}-\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)\frac{dV}{dn}=0. \tag{7}$$

Je vais appliquer cette formule au cas d'un système cylindrique. Dès lors, on pourra poser

$$\frac{1}{R'}=0.$$

Si je suppose que la force $\frac{dV}{dn}$ varie en raison inverse de la distance à l'origine, j'aurai, en appelant ρ le rayon vecteur et ω l'angle polaire :

$$\frac{dV}{dn}=\frac{m}{\rho},$$

$$\frac{1}{R}=\frac{\rho^2+2\rho'^2-\rho\rho''}{(\rho^2+\rho'^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

De même on voit aisément que l'on a :

$$\frac{d\frac{1}{\rho}}{dn}=\frac{1}{\rho}\frac{1}{(\rho^2+\rho'^2)^{\frac{1}{2}}},$$

et la formule (7) donne après suppression d'un facteur dépendant de $\rho^2+\rho'^2$,

$$\rho'^2-\rho\rho''=0,$$

d'où :

$$\rho=\rho_0 e^{a(\omega-\omega_0)},$$

ou

$$\log\rho-a\omega+b=C^{te}.$$

Ce sont bien les mêmes spirales précédemment obtenues pour bases des surfaces de niveau.

La formule (7) va nous permettre de résoudre encore le problème suivant, relatif à un champ à trois dimensions :

Quelles sont les surfaces de niveau, lorsque l'intensité conserve la même valeur numérique en tous les points ?

On aura

$$\frac{dV}{dn} = C^{te};$$

d'où

$$\frac{d^2V}{dn^2} = 0,$$

et par suite :

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} = 0.$$

Mais de l'équation $\dfrac{dV}{dn} = C^{te}$ il résulte que deux surfaces de niveau voisines sont deux surfaces parallèles et qu'en nous transportant à une distance dn sur la ligne de force, les rayons de courbure seront devenus $R + dn$, $R' + dn$, on aura donc :

$$\frac{1}{R + dn} + \frac{1}{R' + dn} = 0.$$

Cette équation n'est compatible avec la première $\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'} = 0$, que si l'on a simultanément R et R' infinis. Les surfaces de niveau sont alors des plans parallèles et le champ d'intensité constante a aussi la même direction en tous les points.

J.-B. Pomey.

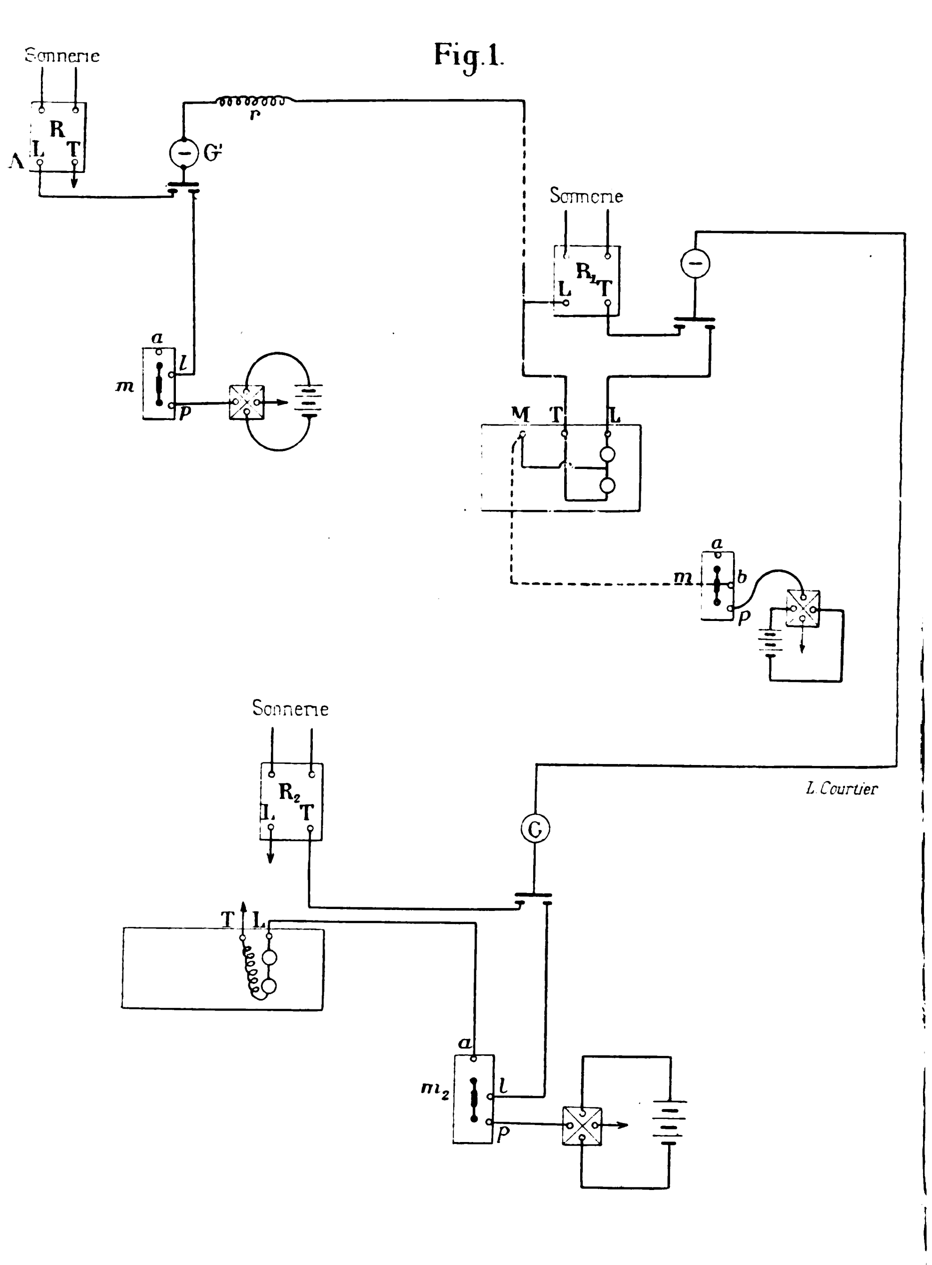
EMBROCHAGE CHEVRON(*)

Le fil Châlons-sur-Marne=Sainte-Menehould=Verdun et le fil départemental Châlons-sur-Marne=Épernay=Sézanne ont été exploités pendant plusieurs années au moyen de l'embrochage système Chevron. Les bons résultats obtenus nous engagent à publier ici la description de cet embrochage et à indiquer subsidiairement les modifications qui ont été apportées à l'installation primitive, lors de l'établissement de tableaux annonciateurs télégraphiques et de l'utilisatiou partielle de ces fils pour la télégraphie et la téléphonie simultanées.

1° *Embrochage Chevron.* — Cet embrochage permet à chacun des postes embrochés d'appeler l'un des deux autres sans déranger le troisième. Nous ne pouvons mieux faire que d'emprunter la description du système au *Traité de télégraphie électrique* de M. Thomas. « La *fig.* 1 montre le dispositif de l'installation. R, R_1, R_2 sont les trois rappels embrochés dont le fonctionnement a pour résultat d'actionner la sonnerie des postes correspondants.

« Quand un poste veut appeler l'un quelconque des deux autres, il place la cheville du commutateur

(*) Les renseignements qui suivent ont été obligeamment communiqués par MM. Chevron et Vallauce, inspecteurs, à Châlons-sur-Marne.


Fig. 1.
Sonnerie
R
L
T
A
G'
r
a
m
l
p
Sonnerie
R_1
L
T
M
T
L
a
m
b
p
Sonnerie
R_2
L
T
G
T
L
a
m_2
l
p
L. Courtier

bavarois dans la position 2 et le courant qu'il envoie traverse les deux autres postes. Mais les rappels sont intercalés dans le circuit de manière à être traversés en sens inverse par le courant; un seul d'entre eux fonctionne et ferme le circuit de sa sonnerie. *Le poste qui n'a pas à répondre n'est pas dérangé.* Des commutateurs inverseurs E, E_1, E_2 permettent de prendre l'un ou l'autre des pôles de la pile, suivant le poste que l'on veut appeler.

« On remarquera le montage particulier du poste intermédiaire. La borne *a* du manipulateur est isolée et la borne *l* est reliée au milieu des deux bobines du récepteur. Le courant émis par le poste se bifurque à travers les deux bobines et les deux sections de ligne. Au moment où le poste intermédiaire transmet, les deux autres postes se trouvent ainsi montés en dérivation l'un par rapport à l'autre, tandis que, quand c'est un poste extrême qui envoie un courant, celui-ci trouve les deux autres postes embrochés. — Si les deux sections de ligne ne sont pas égales, on ajoute une résistance *r* du côté de la section la moins résistante pour que le courant se partage en parties égales entre les deux stations.

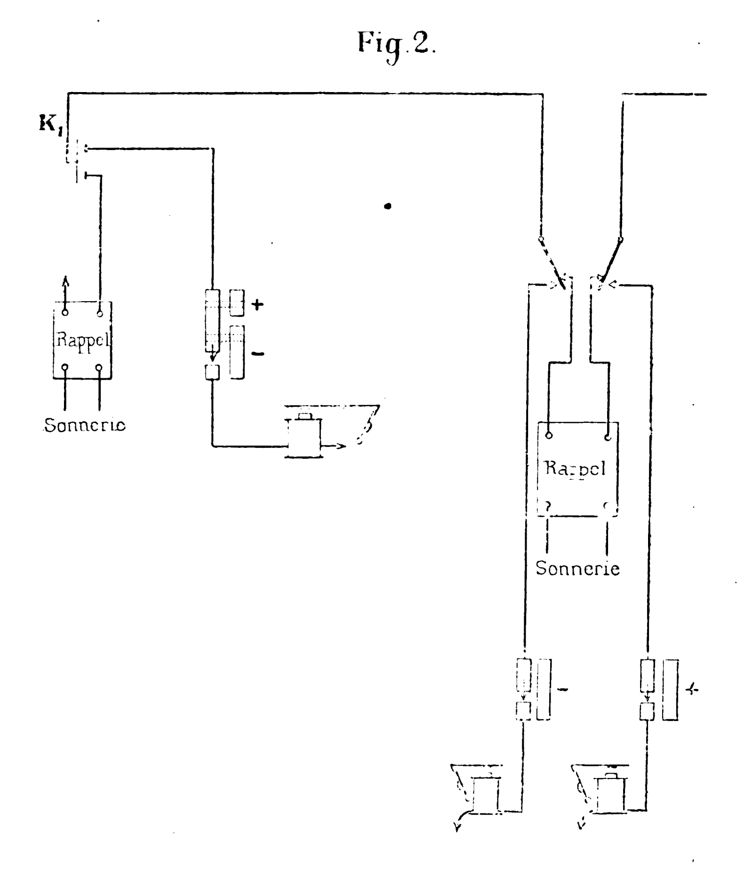
« La pile du poste intermédiaire doit être calculée de façon que les récepteurs des postes extrêmes A et C reçoivent la même intensité de courant, soit qu'ils communiquent avec le poste intermédiaire, soit qu'ils correspondent entre eux. »

2° *Combinaison de l'installation Chevron par rappels embrochés avec l'emploi d'un tableau annonciateur télégraphique.* — La disposition est différente suivant

qu'il s'agit d'un poste extrême ou du poste intermédiaire (*fig.* 2).

a) Au poste extrême la ligne aboutit à un commu-

Fig. 2.



tateur bavarois à deux directions K_1, comme dans l'installation précédente, et peut alors être renvoyée soit sur un rappel, soit sur un jack à deux trous « pour lignes bifurquées. » Le poste extrême reçoit ainsi dans une sonnerie spéciale, par l'intermédiaire de son

rappel, les appels qui lui sont destinés. Il peut communiquer avec l'un ou l'autre des deux postes correspondants de l'embrochage au moyen d'un appareil Morse disponible quelconque et en enfonçant dans le jack « pour ligne bifurquée » la fiche en relation avec cet appareil Morse ; il met le fil de ligne de ce Morse en communication avec la ligne embrochée et il prend en même temps par le plot postérieur du jack la pile convenable. Par le trou supérieur, il prend la pile positive et correspond alors avec l'autre poste extrême ; par le trou inférieur, il prend la pile négative et correspond alors avec le poste intermédiaire.

b) Au poste intermédiaire, les deux côtés de la ligne aboutissent respectivement aux leviers mobiles d'une clé double. Dans la position d'attente, les deux côtés sont alors en relation l'un avec l'autre par l'intermédiaire d'un rappel par inversion de courant. Dans la position de travail, les deux brins sont envoyés respectivement à deux plots de ligne simple du tableau annonciateur télégraphique. Les blocs postérieurs des jacks correspondants permettent de prendre une pile négative pour travailler avec le premier poste extrême et une pile positive pour travailler avec le second.

En somme, l'embrochage n'existe que pour les rappels ; dans la position de travail, la ligne embrochée est coupée, on transmet au Morse sur un des côtés, tandis que l'autre côté est mis sur annonciateur.

Cette installation, qui avait été montée par les soins de M. Vallance, sur le fil Châlons-sur-Marne=Sainte-Menehould=Verdun a très bien fonctionné. La section Châlons-sur-Marne=Sainte-Menehould était à double fil et constituait d'ailleurs en même temps une communication téléphonique (voir *fig*. 3). Mais, depuis

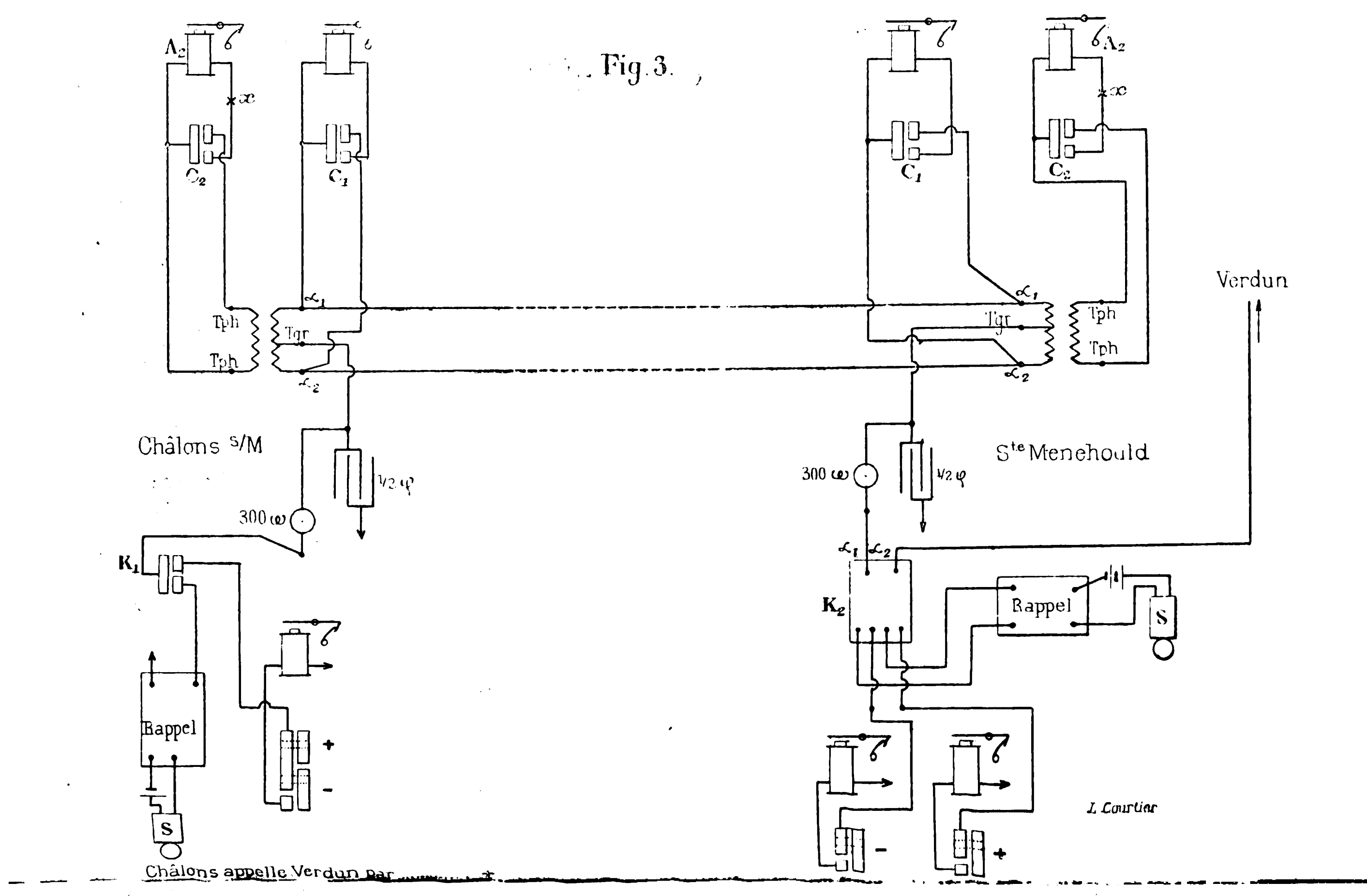


Fig. 3.
Λ_2
x
C_2
C_1
Tph
Tph
Tgr
α_1
α_2
Châlons s/M
1/2 φ
300 ω
K_1
Rappel
S
+
-
Verdun
Ste Menehould
K_2
I. Courtier
Châlons appelle Verdun par

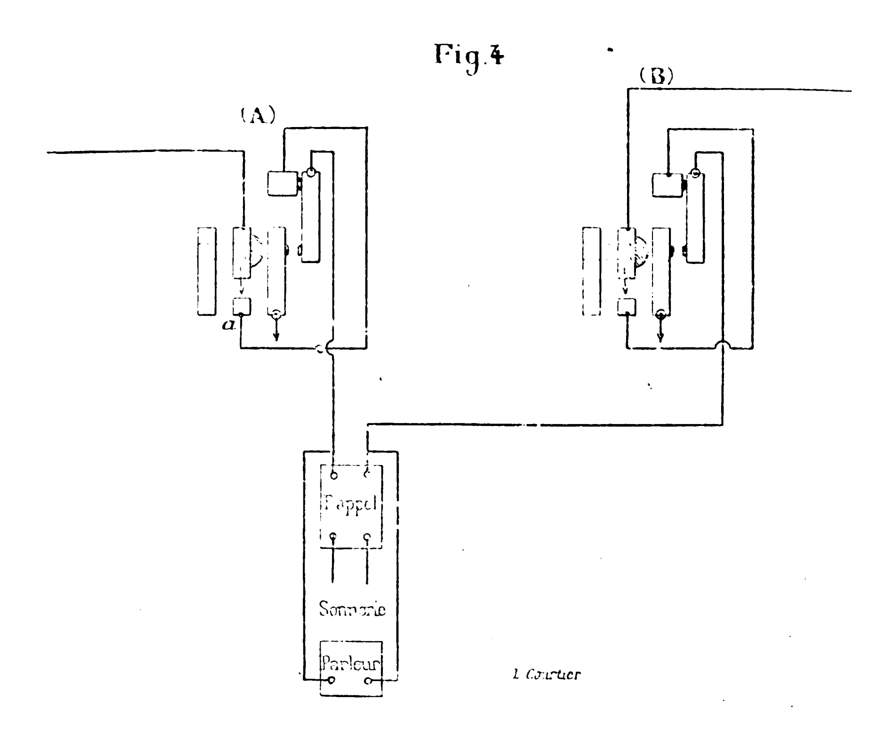
lors, une nouvelle modification y a été apportée, dans le but de rendre inutile la manœuvre de la clé double et par suite de permettre la suppression de cet appareil. Je vais décrire d'après les renseignements mis obligeamment à ma disposition par M. Vallance, la modification qui a été apportée aux jacks correspondants du tableau annonciateur télégraphique.

3° *Modification des jacks des tableaux annonciateurs télégraphiques pour les adapter dans le poste intermédiaire à l'installation avec rappels embrochés.* — Normalement la ligne télégraphique installée en embrochage par rappels arrive à un jack spécial (A), traverse le rappel, passe par un second jack spécial (B) et continue vers le second poste extrême (*fig.* 4).

Pendant la position de travail, le poste intermédiaire a enfoncé la fiche correspondant à un appareil Morse disponible soit dans le trou du jack (A), soit dans le trou du jack (B), suivant qu'il transmet au premier ou au second poste extrême. En enfonçant la fiche dans un de ces jacks, non seulement le poste intermédiaire s'est mis en communication avec le tronçon de ligne voulu, tout en prenant la pile convenable, mais encore il a coupé la communication du rappel avec ce même tronçon et mis de ce côté le rappel à la terre.

Dans le mode d'installation décrit au précédent paragraphe, le côté de ligne disponible était mis sur annonciateur, ici il reste sur rappel. La sonnerie ne fonctionnera donc que si le poste intermédiaire est réellement appelé; mais si le poste extrême du côté de la ligne actuellement sur rappel vient à appeler, non

le poste intermédiaire, mais l'autre poste extrême, il risque de continuer longtemps en vain des appels qui ne sont perçus nulle part. Pour éviter cet inconvénient, un parleur est normalement en dérivation sur le rappel. L'employé du poste intermédiaire peut ainsi surveiller les appels à destination d'un poste extrême,



au besoin donner attente et rappeler en temps utile les correspondants. Ce parleur permet aussi de percevoir des indicatifs convenus ; dès lors, le poste intermédiaire peut distinguer, lorsqu'il est appelé, celui des deux postes extrêmes d'où lui parvient l'appel. Il peut ainsi se porter sans hésitation sur

celui des jacks spéciaux (A) et (B) qui correspondent au côté appelant.

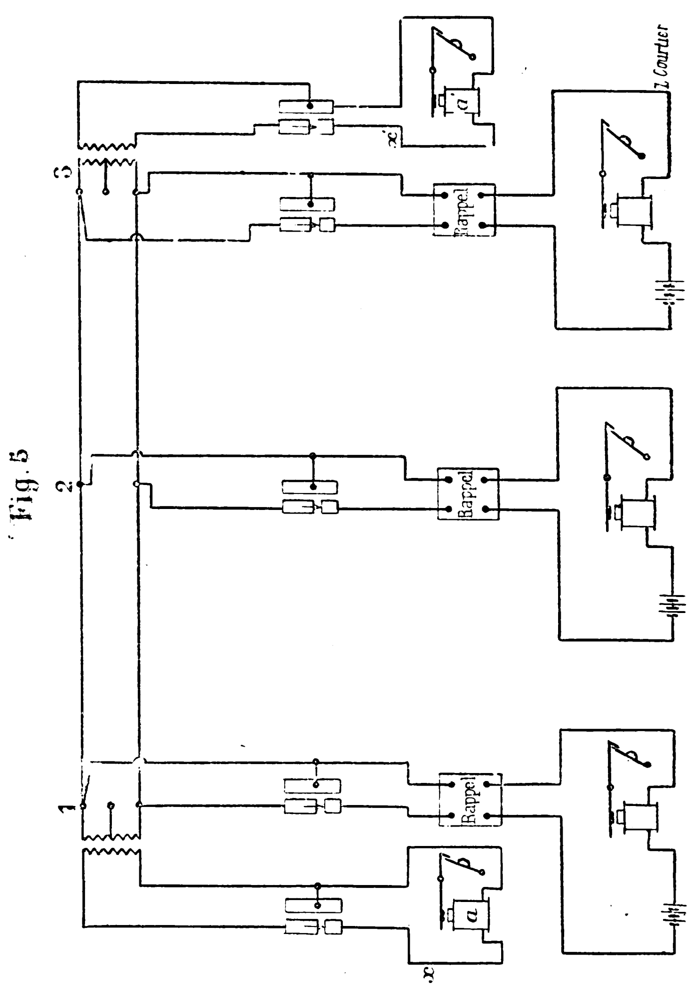
Voici la disposition du jack spécial : le bloc d'annonciateur *a* est relié à un bloc *b* sur lequel vient appuyer un ressort *r* lequel est relié à une des bornes du rappel par inversion de courant, embroché sur la ligne. Un bouchon isolant *p* pénètre légèrement d'un côté dans le trou du conjoncteur et de l'autre côté appuie sur un ressort *t* qui est en communication avec la terre. On peut alors suivre aisément sur la figure la marche du courant. (Se reporter *fig.* 6 pour les lettres indiquées.)

4° *Installation d'un circuit téléphonique avec rappels par inversion de courant pour desservir trois localités.* — Je tiens encore de l'obligeance de M. Vallance, inspecteur à Châlons-sur-Marne, le croquis de l'installation téléphonique réalisée sur le circuit Épernay=Fère-Champenoise=Sézanne.

Lorsque le poste intermédiaire est dans la position d'attente, la constitution du circuit est conforme à la *fig.* 5.

On voit que chacun des postes extrêmes peut appeler celui des deux postes associés avec lequel il désire communiquer sans déranger le troisième. On voit qu'il peut se mettre en communication téléphonique avec le circuit soit en double fil, soit par l'intermédiaire d'un transformateur. Enfin le poste intermédiaire peut se mettre téléphoniquement en dérivation sur le circuit. S'il a besoin de communiquer téléphoniquement avec l'un des deux autres postes, il peut ainsi s'assurer qu'il ne va pas couper intempestivement une communication en cours. Remarquons en passant, que les circuits des annonciateurs surabondants (*a*) et (*a'*) sont coupés

en xx' et que par suite les courants induits dans les transformateurs par les courants d'appels ne les font



pas déclancher, ce qui aurait en effet le double inconvénient d'être inutile et d'être sujet à des irrégularités fâcheuses.

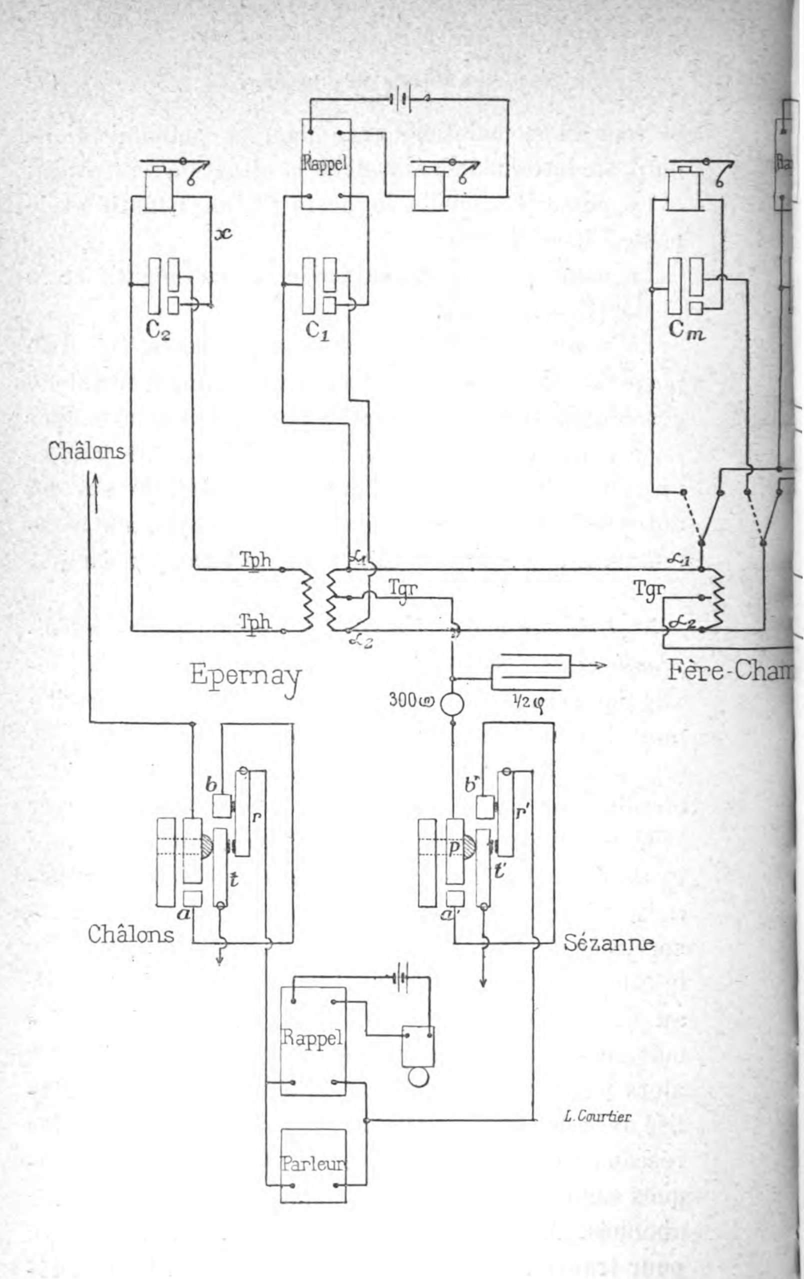
Nous allons maintenant examiner les communications du poste intermédiaire (2) dans la situation de travail :

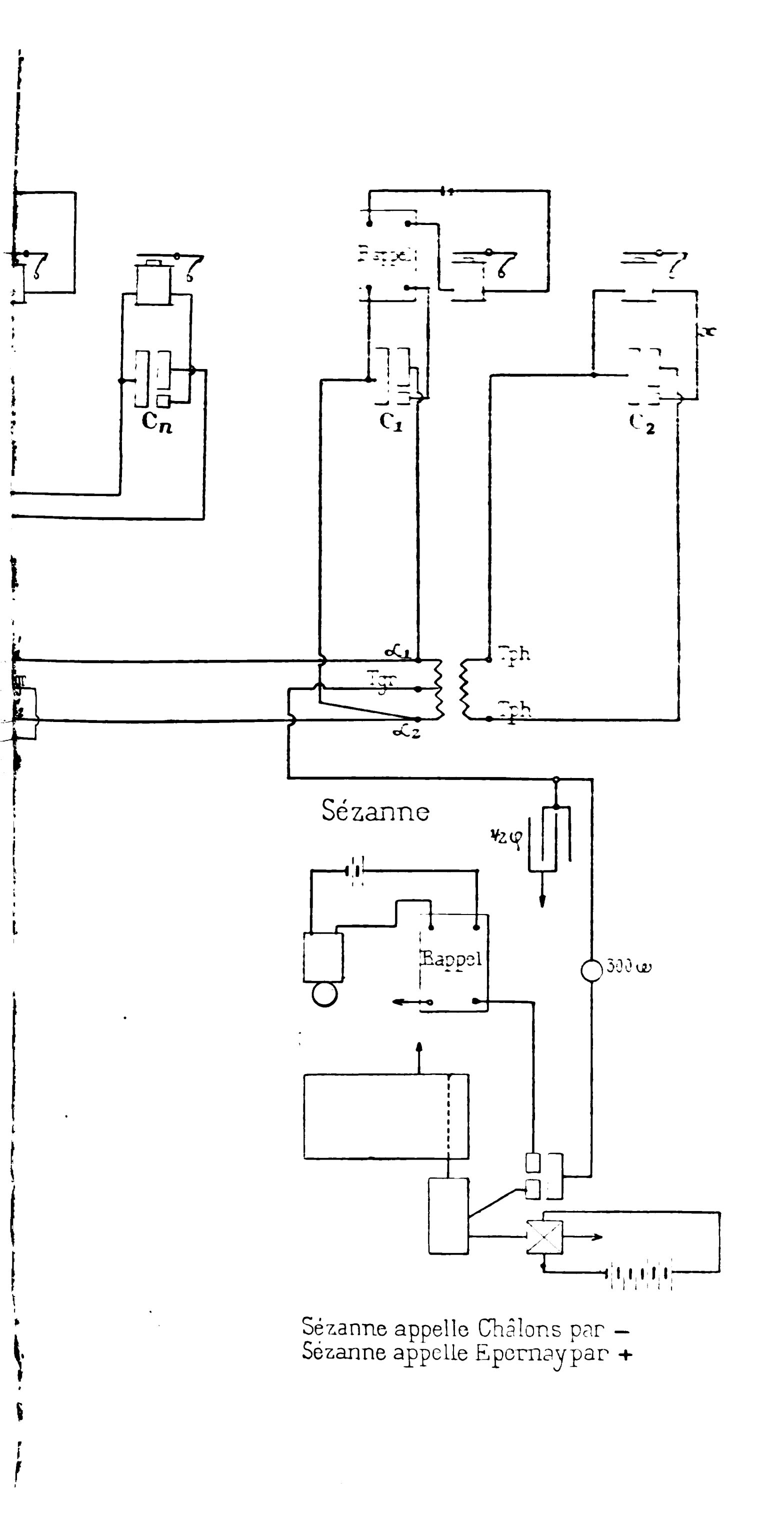
Le poste (1) appelle le poste (2) en négatif et le poste (3) en positif;

Le poste (3) appelle le poste (2) en négatif et le poste (1) en positif.

Le poste (2) doit donc appeler le poste (1) et le poste (3) en positif. Pour ne pas déranger celui de ces deux postes qu'il n'appelle pas, il doit donc couper le circuit. Il amène alors le côté (1) sur un jack et un annonciateur particuliers et le côté (3) sur un autre jack et un autre annonciateur. (Voir *fig.* 6 le commutateur à quatre directions de Fère-Champenoise.)

5° *Utilisation du circuit téléphonique pour la téléphonie et la télégraphie simultanées.* — Le circuit téléphonique (1), (2), (3) doit donc se diviser à de certains moments en deux circuits téléphoniques distincts (1) (2) et (2) (3). Pour intercaler l'ensemble de ces deux circuits sur un fil télégraphique, il suffit d'employer l'un des dispositifs Cailho ou Picard. En fait, on a installé des bobines Picard à Epernay, Fère-Champenoise et Sézanne. Le poste intermédiaire étant desservi par un réseau téléphonique à double fil, on juge inutile, toutes les fois que la ligne d'abonné à relier au circuit n'est pas déséquilibrée, de se servir du circuit secondaire de la bobine Picard, le dispositif est alors purement et simplement celui de M. Cailho réalisé avec des bobines Picard. Aux postes extrêmes, les réseaux sont à simple fil et les transformateurs indiqués sur la *fig.* 5 étaient toujours nécessaires pour les abonnés. Ainsi qu'il vient d'être dit, on a employé pour transformateurs des bobines Picard. Le fil télé-


Rappel
x
C2
C1
Cm
Châlons
Tph
Tph
Tgr
Tgr
Epernay
Fère-Cham
300ω
1/2 φ
b
r
t
a
b'
r'
p
t'
a'
Châlons
Sézanne
Rappel
Parleur
L. Courtier



Sézanne appelle Châlons par –
Sézanne appelle Epernay par +

graphique comporte alors à chaque poste des bobines « graduatrices » de 300^{ω}; de plus, un condensateur de 1/2 φ est mis en dérivation entre la terre et le côté ligne de chaque bobine « graduatrice ».

La *fig*. 6 représente l'installation télégraphique par rappels embrochés, Châlons-Épernay-Sézanne, dont la section Épernay-Sézanne, constituée par un double fil, est simultanément utilisée pour la téléphonie avec un poste intermédiaire à Fère-Champenoise. Cette installation, dérivée du système Chevron, a été réalisée par les soins de M. Vallance, avec des appareils Mandroux et des bobines Picard.

On remarquera, au poste de Fère-Champenoise, un commutateur quadruple à deux directions, modèle Baudot; dans la position figurée en trait plein, les deux brins de l'un des circuits sont respectivement en communication métallique directe avec ceux de l'autre circuit et le rappel par inversion est placé en pont entre eux; dans la position de travail, figurée en pointillé, les deux brins du côté Épernay sont amenés au jack C_m, les deux brins du côté Sézanne sont amenés de même au jack C_n, le rappel est isolé et la liaison télégraphique entre les deux côtés subsiste grâce au fil qui réunit les bornes « télégraphiques » des deux bobines « Picard ». Dans cette position, les bobines intercalées forment sur ce côté de ligne une certaine résistance supplémentaire. A ce point de vue, il y a donc intérêt, pour éviter des variations dans l'intensité du courant télégraphique, à employer des bobines à faible résistance.

J.-B. Pomey.

DÉMONSTRATION NOUVELLE

DU

THÉORÈME DE M. VASCHY RELATIF AU CHAMP D'UN VECTEUR

Ce théorème se trouve exposé dans la *Théorie de l'électricité* de M. Vaschy, page 47. M. Laroze en a donné ici même la démonstration au moyen des quaternions. Je vais appliquer à ce problème une formule connue en électrostatique, dont on pourra lire la démonstration dans l'ouvrage de Beer (*Elektrostatik*, page 17). Cette formule s'écrit ainsi :

$$(1) \qquad 4\pi X = -\int \Delta^2 X \frac{d\varpi}{r} + \int \frac{dX}{dn} \frac{1}{r} dS - \int X \frac{d\frac{1}{r}}{dn} dS,$$

$\frac{d...}{dn}$ indiquant une dérivation suivant la normale extérieure à la surface S; dS désigne l'élément de cette surface, $d\varpi$ désigne l'élément de volume pour l'espace U enveloppé par cette surface; r est la distance de l'élément d'intégration au point où l'on considère la valeur de X dans le premier membre de la formule.

Cela posé, il s'agit d'intégrer le système :

$$(2) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial X}{\partial x} + \dfrac{\partial Y}{\partial y} + \dfrac{\partial Z}{\partial z} = 4\pi\rho, \\ \dfrac{\partial Y}{\partial z} - \dfrac{\partial Z}{\partial y} = 4\pi\mu_x, \quad \dfrac{\partial Z}{\partial x} - \dfrac{\partial X}{\partial z} = 4\pi\mu_y, \quad \dfrac{\partial X}{\partial y} - \dfrac{\partial Y}{\partial x} = 4\pi\mu_z. \end{cases}$$

Or, par dérivation des équations (2), on obtient :

$$4\pi\left(\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial \mu_z}{\partial y} - \frac{\partial \mu_y}{\partial z}\right) = \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 X}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} = \Delta^2 X.$$

Y et Z sont ainsi éliminés, alors, en appliquant la formule (1), on aura la valeur de X en tout point de U. Calculons la première intégrale :

$$\int \Delta^2 X \frac{d\varpi}{r} = 4\pi \int \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial \mu_z}{\partial y} - \frac{\partial \mu_Y}{\partial z} \right) \frac{1}{r}\, d\varpi\,; \tag{3}$$

on sait que l'on peut appliquer la formule connue :

$$\int l \mathrm{F}\, d\mathrm{S} = -\int \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial x}\, d\varpi, \tag{4}$$

(où l est le cosinus de l'angle formé avec ox par la normale intérieure à dS), successivement aux trois fonctions $\frac{\rho}{r}$, $\frac{\mu_z}{r}$ et $\frac{\mu_Y}{r}$, bien qu'elles deviennent infinies dans le champ d'intégration. Il vient alors, par exemple :

$$\int \frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{1}{r}\, d\varpi = \int_S \frac{\rho}{r}\, dy\, dz - \int_U \rho \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x}\, d\varpi.$$

X se décompose ainsi en une intégrale = volume $\int_U$ et une intégrale = surface $\int_S$ et l'on a

$$\int_U = \int \rho \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x}\, d\varpi + \int \left(\mu_z \frac{\partial \frac{1}{r}}{dy} - \frac{\partial \frac{1}{r}}{dz} \mu_Y \right) d\varpi. \tag{5}$$

Reste à calculer l'intégrale = surface, savoir :

$$\left\{ \begin{aligned} \int_S = \int - \left(4\pi\rho \frac{dy\,dz}{r} + 4\pi\mu_z \frac{dx\,dz}{r} - 4\pi\mu_Y \frac{dx\,dy}{r} \right) \\ + \int \frac{d\mathrm{X}}{dn} \frac{1}{r}\, d\mathrm{S} - \int \mathrm{X} \frac{d\frac{1}{r}}{dn}\, d\mathrm{S}. \end{aligned} \right. \tag{6}$$

Considérons la première des trois intégrales du second membre; remplaçons-y les termes $4\pi\rho$, $4\pi\mu_z$ et

$4\pi\mu_Y$ par leurs expressions (2) en X, Y, Z, nous obtenons :

$$\int -\left(\frac{\partial X}{\partial x}+\frac{\partial Y}{\partial y}+\frac{\partial Z}{\partial z}\right)\frac{1}{r}\,dy\,dz+\left(\frac{\partial Y}{\partial x}-\frac{\partial X}{\partial y}\right)\frac{1}{r}\,dx\,dz$$
$$+\left(\frac{\partial Z}{\partial x}-\frac{\partial X}{\partial z}\right)\frac{1}{r}\,dx\,dy.$$

Cette intégrale peut elle-même se tranformer en groupant les termes en X et en appliquant aux termes en Y et Z l'intégration par parties. Comme la surface S est une surface fermée, on obtient ainsi :

$$-\int\frac{dX}{dn}\frac{1}{r}\,dS+\int\left(Y\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial y}+Z\frac{\partial\frac{1}{r}}{dz}\right)dx\,dz$$
$$+\int Y\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial x}\,dx\,dz+\int Z\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial x}\,dz\,dy.$$

Portons cette valeur dans l'équation (6). Les termes en $\frac{dX}{dn}$ se détruisent et en groupant les termes en $\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial x}dS$, $\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial y}dS$, $\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial z}dS$, on obtient :

$$(7)\qquad \int_S=\int\sigma\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial x}\,dS+\int\left(\tau_Z\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial y}-\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial z}\tau_Y\right)dS,$$

et l'on a :

$$lX+mY+nZ=4\pi\sigma,$$
$$mX-lY=4\pi\tau_Z,\qquad lZ-nX=4\pi\tau_Y,$$

l, *m*, *n* étant les cosinus directeurs de la normale intérieure à *d*S.

Les formules (5) et (7) redonnent la formule connue de M. Vaschy.

J.-B. POMEY.

CHRONIQUE.

La lumière électrique dans les mers polaires.

Le *Fram*, pendant une grande partie de la campagne dans les mers arctiques, a été éclairé à l'électricité. Une pareille installation, dit le *Cosmos*, si elle avait exigé l'emploi d'une machine à vapeur, eût été une véritable folie dans les régions du globe où le combustible est si précieux pour le chauffage que son absence équivaut presque au manque de vivres; mais beaucoup de navires norvégiens ont en permanence, à bord, un moulin destiné à actionner les pompes du bord; ceux des touristes qui ont fréquenté Dieppe ou Fécamp ont vu certainement nombre de porteurs de bois munis de cette installation; or un moulin de ce genre avait été établi sur le *Fram*, et son rôle était d'actionner une dynamo qui chargeait des accumulateurs, quand le vent lui permettait de travailler. Il parait que le système fonctionna très bien jusqu'au jour de mai 1895 où les engrenages multiplicateurs entre l'aéro-moteur et la dynamo firent défaut. A cette époque, d'ailleurs, l'appareil fut détruit, parce qu'on utilisa ses différentes parties pour établir les moyens de transport que l'on voulait employer sur la glace. Par les grands froids, le liquide des éléments des accumulateurs fut congelé. Mais l'expérience démontra que la solution acide ainsi solidifiée constitue un excellent électrolyte et les accumulateurs n'en fonctionnaient pas moins parfaitement, fournissant à toute réquisition le courant nécessaire à l'éclairage.

(*La Nature*, 2 janvier 1897.)

Sur la valeur absolue des éléments magnétiques au 1er janvier 1897.

Note de M. Th. Moureaux.

Parc-Saint-Maur. — Les observations magnétiques, en 1896, ont été continuées dans les mêmes conditions que les années précédentes. Les courbes de variations des trois éléments sont dépouillées pour chaque heure, et les repères vérifiés par de fréquentes déterminations absolues.

Les valeurs des divers éléments au 1er janvier 1897 sont déduites de la moyenne de toute les valeurs horaires du 31 décembre 1896 et du 1er janvier 1897, rapportées à des mesures absolues faites les 26 et 31 décembre. La variation séculaire résulte de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1896 (*).

	Valeurs absolues au 1er janv. 1897.	Variation séculaire en 1896.
Déclinaison.	15° 1′5	— 5′3
Inclinaison.	65° 0′8	— 1′6
Composante horizontale . .	0,19693	+ 0,00017
Composante verticale. . . .	0,42256	— 0,00016
Force totale	0,46619	— 0,00008

L'observatoire du Parc-Saint-Maur est situé par 0° 9′ 23″ de longitude est et 48° 48′ 34″ de latitude nord.

Perpignan. — Les observations magnétiques sont faites à Perpignan, avec des instruments semblables à ceux du Parc-Saint-Maur, et d'après les mêmes méthodes. Les courbes relevées et réduites sous la direction de M. le Dr Fines sont également dépouillées heure par heure. Les valeurs au 1er janvier 1897 résultent de la moyenne des valeurs horaires du 31 décembre 1896 et du 1er janvier 1897, contrôlées par des mesures absolues faites par M. Cœurdevache les 28, 29 et 30 décembre.

(*) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 30; 1896.

	Valeurs absolues au 1er janv. 1897.	Variation séculaire en 1896.
Déclinaison.	13°53′3	— 4′0
Inclinaison.	60° 5′2	— 1′7
Composante horizontale . . .	0,22416	+ 0,00034
Composante verticale.	0,38962	+ 0,00016
Force totale	0,44950	+ 0,00030

L'observatoire de Perpignan est situé par 0°32′45″ de longitude est et 42°42′8″ de latitude nord.

Nice. — L'installation magnétique de l'observatoire de Nice est identique à celles du Parc-Saint-Maur et de Perpignan. Les valeurs des éléments au 1er janvier 1897 résultent du dépouillement horaire des courbes de variations relevées pendant les journées du 31 décembre 1896 et du 1er janvier 1897, et des mesures absolues faites par M. Auvergnon les 26, 29 et 31 décembre.

	Valeurs absolues au 1er janv. 1897.	Variation séculaire en 1896.
Déclinaison.	12°15′4	— 4′8
Inclinaison.	60°16′5	— 2′8
Composante horizontale . .	0,22304	+ 0,00036
Composante verticale. . . .	0,39064	+ 0,00011
Force totale	0,44982	+ 0,00008

L'observatoire de Nice est situé par 4°57′48″ de longitude est et 43°43′17″ de latitude nord.

(*Comptes rendus*, 11 janvier 1897.)

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod et P. Vicq.

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 Mai-Juin

LE

FOUR ÉLECTRIQUE ET SES APPLICATIONS (*)

PREMIERS FOURS ÉLECTRIQUES : PREMIÈRES APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

Les températures les plus élevées atteintes autrefois dans l'industrie étaient évaluées à 1.600 ou 1.700°. Le jour où la pince thermo-électrique de M. Le Châtelier permit de déterminer avec précision ces températures, on constata qu'elles étaient beaucoup moins élevées qu'on ne l'avait supposé tout d'abord. Dans les laboratoires, le chalumeau oxyhydrique de M. Sainte-Claire Deville permet d'obtenir dans un petit espace une température comprise entre 1.700 et 1.800°; la pointe du dard bleu de la flamme est peut-être même à une température voisine de 2.000°, elle ne dépasse certainement pas cette limite.

(*) Résumé d'une conférence faite par M. Moissan à l'École polytechnique (mars 1897).



Mais il existe un autre moyen d'obtenir de hautes températures, c'est l'arc électrique. Il fournit en effet les températures les plus élevées que l'on connaisse. Despretz le premier vit tout le parti que l'on pourrait en tirer, et quelques années plus tard, Hutington et Siemens construisaient le premier four électrique, dont la première application fut la fusion de certains corps réputés jusqu'alors infusibles (fonte de tungstène).

C'était un grand creuset de charbon, substance bonne conductrice, dans lequel on place la matière à liquéfier : l'arc électrique jaillissait entre ce corps et une tige de charbon qui y plonge. C'est ainsi que les frères Kuhl préparèrent industriellement les alliages de cuivre et d'aluminium. En même temps, d'autres fours permettaient de préparer l'aluminium métallique en faisant aussi intervenir l'électricité; mais c'étaient des véritables fours à électrolyse.

L'une des premières applications les plus importantes fut la fabrication industrielle du siliciure de carbone cristallisé par l'ingénieur américain Acheson. Ce siliciure de carbone, obtenu déjà bien avant lui à l'état amorphe, est doué d'une grande dureté; il taille très aisément le rubis, mais n'endommage pas le diamant, il remplace aujourd'hui l'émeri d'une façon courante dans l'industrie américaine.

Le four employé dans cette préparation par M. Acheson est constitué par un massif en briques qui n'ont même pas besoin d'être réfractaires; à l'intérieur est tassé un mélange de silice et de charbon, les deux électrodes EE′ sont réunies par une âme en graphite. Le courant est d'une puissance de 1.000 chevaux environ; au bout de 5 à 6 heures, le régime permanent s'établit, la haute température gagne lentement toute

la masse : au bout de 24 heures, on défourne ; on trouve le carbure cristallisé ; on sépare les cristaux par ordre de grandeur, on les broie pour en faire la poudre qu'on utilise comme la poudre d'émeri.

LE FOUR MOISSAN.

Le grave inconvénient de tous ces fours était le contact permanent des corps en réaction ou du corps à fondre avec l'électrode ; il en résultait nécessairement un défaut de pureté dans le corps obtenu ; il fallait donc éviter le contact de la vapeur de carbone, il fallait en un mot séparer l'action électrolytique de de l'action thermique. C'est ce que fit M. Moissan.

Primitivement, il constitua son four par deux grandes briques de chaux vive percées de deux rainures où s'engagent deux longues électrodes en charbon de cornue ; au-dessous du point de jonction des électrodes, est une petite cavité où l'on place un creuset en graphite renfermant les substances qui doivent réagir ; au-dessus une petite voûte elliptique (*) destinée à réfléchir sur le creuset les radiations calorifiques, à faire en un mot du four électrique un véritable four à reverbère. M. Moissan a depuis remplacé avec avantage la chaux vive par la pierre calcaire.

Quand on veut effectuer une opération quelconque au four électrique, on commence par amener les deux électrodes en contact, puis on les écarte lentement et on les règle d'après les indications de l'ampèremètre

(*) Cette cavité n'a pas besoin d'être très bien taillée, car, à des températures si élevées, la chaux entre en fusion et l'intérieur de la cavité prend un aspect lisse et miroitant. L'arc lui-même creuse la chaux vive et lui donne la forme voulue.

et du voltmètre; l'écartement peut aller jusqu'à 5 ou 6 centimètres dans le cas où le four est rempli de vapeurs bonnes conductrices (volatilisation de l'aluminium par exemple). On le voit, cet appareil est des plus simples et son maniement des plus commodes.

L'un des grands avantages du four de M. Moissan est l'emmagasinement de la chaleur. Il y a bien des pertes de chaleur par les électrodes qui rougissent et par les gaz chauds qui s'échappent; mais on n'a pas de pertes de chaleur par la surface du four; une épaisseur de 3 centimètres donnée au couvercle suffit pour empêcher toute perte par rayonnement.

Enfin, comme nous l'avons déjà dit, il y a dans le four Moissan une séparation complète entre l'action électrique et l'action thermique.

C'est ainsi que, dans quelques cas, on y trouve des métaux brûlés, c'est-à-dire contenant de l'oxygène, parce qu'ils ne sont pas en contact avec la vapeur de carbone existant entre les électrodes.

FUSIONS ET VAPORISATIONS.

L'une des premières et des plus belles applications du four électrique fut la reproduction artificielle du diamant. Il fallait opérer sous une pression considérable, et M. Moissan y parvint de la façon suivante : le creuset, rempli de fonte additionnée de magnésie, afin d'éviter la formation du carbure de calcium, est porté à haute température, 2.500 à 3.000°. Au bout d'un certain temps, on retire le creuset et on le refroidit brusquement par immersion soit dans l'eau, soit mieux dans un bain de plomb fondu; la fonte se solidifie superficiellement; mais, à cette haute tempé-

rature, le carbone s'est séparé de la fonte qu'il saturait : maintenu à l'intérieur du culot encore liquide, sous l'énorme pression résultant de la solidification progressive, le carbone fond (nous verrons tout à l'heure qu'il n'en est pas ainsi dans les circonstances habituelles) et se solidifie par refroidissement sous la variété diamant. Il faut quelque chose comme trois cents expériences de ce genre pour obtenir environ 15 milligrammes de diamant transparent.

Lorsque, dans cette opération, on opère à température excessivement élevée, il se produit ce fait singulier; le fer bien saturé de carbone est tellement épais qu'on peut sans qu'il s'écoule aucun liquide retourner le creuset; quand on retombe vers 2.500° une partie du carbone se solidifie, cette fois, sous forme de graphite et la matière reprend sa fluidité.

Certaines modifications de détail permettent d'obtenir les différentes variétés de diamant, diamant octaédrique, diamant noir..., tous parfaitement combustibles dans l'oxygène.

Le four électrique permet de réaliser la fusion très rapide et très facile de tous les corps, et même la volatilisation d'un grand nombre. La silice, par exemple, fond, puis se volatilise : une cloche placée à la partie supérieure du four où l'on a eu soin de percer un canal vertical, permet de la condenser en petites sphères opalescentes, analogues à celles qui se forment dans les lampes à arc. La silice ainsi obtenue est toujours mêlée d'un peu de chaux volatilisée, qu'on enlève par traitement à l'acide acétique étendu. La zircone peut être traitée de même.

Les procédés de condensation des vapeurs sont en nombre infini : l'un des plus commodes est analogue

au tube chaud et froid de Deville : il consiste en un tube creux de cuivre que traverse un très rapide courant d'eau froide : sur cette partie viennent se condenser les matières volatilisées. C'est ainsi que furent obtenus le fer, le chrome, l'uranium... Le bore et le carbone sont comparables à l'arsenic : ils distillent sans fondre : à ces hautes températures la forme stable du carbone est le graphite : toutes les autres variétés de carbone, le diamant lui-même, s'y ramènent. Sous une forte pression cependant, on peut obtenir le carbone liquide : la forme stable est alors le diamant.

Tous les oxydes sont également vaporisés et obtenus à l'état cristallin.

PRODUCTION DES MÉTAUX A L'ÉTAT DE PURETÉ.

L'une des plus importantes applications du four électrique est la préparation, très rapide, d'un certain nombre de métaux qu'on ne préparait autrefois qu'avec les plus grandes difficultés, ou seulement à l'état impur. Nous allons citer les plus intéressants de ces métaux.

Chrome. — Un four électrique des plus simples permet d'obtenir en moins de cinq minutes, un culot que les anciennes méthodes n'auraient pu fournir en une journée. L'emploi d'un appareil de laboratoire et d'un courant plus intense peut donner 10 à 20 kilogrammes à la fois. On obtient de même la fonte de chrome, en tassant dans le creuset un mélange d'oxyde de chrome et de charbon. Suivant les proportions des deux corps employés, on a une fonte plus ou moins riche en carbone; quand on coule cette fonte, on voit

apparaître à la surface des aiguilles mordorés, résultant de la séparation de carbures définis C^2Cr^3, CCr^4...

Il était intéressant d'aller plus loin et de chercher à obtenir le métal exempt de carbone : on sait en effet combien la présence de traces d'impuretés fait varier les propriétées mécaniques des métaux. Pour affiner la fonte de chrome, M. Moissan songea à recourir à la chaux, pensant que la production du carbure de calcium mettrait le chrome en liberté : en réalité la réaction marche trop bien : le chrome mis en liberté réagit à son tour sur la chaux, lui prend son oxygène et donne un oxyde double de chrome et de chaux. Ce même corps, pris précisément comme point de départ d'un nouvel affinage de la fonte, donne enfin le chrome.

Le métal ainsi obtenu jouit de propriétés toutes différentes de celles qu'on lui attribuait; il présente une surface très brillante, se lime, se forge, s'oxyde lentement à l'air. Densité 6,92.

On peut au moyen de ce procédé affiner le *ferrochrome* industriel; malheureusement, sa haute teneur en carbone (10 p. 100) permet d'obtenir une fonte et non pas un acier. Le jour où la préparation du chrome pur sera devenue industrielle, nul doute qu'on obtienne les aciers chromés avec la plus grande facilité; il en sera de même des alliages, probablement fort intéressants, du cuivre et du chrome. On peut aussi travailler au four le fer chromé naturel (FeO, Cr^2O^3): en quelques instants, on obtient un alliage contenant 60 p. 100 de chrome, 40 p. 100 de fer et quelques centièmes de charbon dont le nombre varie suivant la perfection de l'affinage.

Manganèse. — Le traitement de la fonte manganésée

présente des difficultés d'un autre ordre, tant il est vrai que chaque métal a son facies spécial. Au four électrique, le manganèse est trop volatil : il faut donc avoir soin, dans la réduction des oxydes du manganèse par le charbon, de recouvrir le creuset d'une plaque de charbon.

Molybdène. — Les minerais de molybdène ne sont pas rares : mais les procédés de laboratoire n'avaient fourni le métal qu'à l'état pulvérulent, condition défavorable à la pureté. Le traitement au four électrique a donné une fonte de molybdène correspondant à un composé défini Mo^2C cristallisé. L'affinage ordinaire à l'oxyde présente cette particularité qu'il n'est pas besoin d'élever la température jusqu'au point de fusion. Il se forme en effet dans cet affinage de l'acide molybdique volatil qui favorise la réaction : on a là un exemple d'oxydation partielle de métal brûlé en présence de l'atmosphère réductrice créée par la vapeur de carbone.

Le molybdène ainsi obtenu peut se limer, propriété qui décèle sa grande pureté, mieux peut-être qu'une analyse si parfaite qu'elle soit ; il est malléable ; mais il n'a pu encore être étiré en fils. Densité $= 9,01$.

Tungstène. — Comme le molybdène le tungstène peut se préparer au four électrique. Ici encore, la préparation a certaines particularités : le four employé doit être d'une plus grande dimension que pour les métaux précédents ; le métal obtenu sans fusion se présente sous forme d'une masse spongieuse, qui ne touche le creuset qu'en deux ou trois points ; examinée au spectroscope, elle donne le spectre du tungstène

très pur avec des traces de calcium; on la cingle comme les loupes de fer avec lequel d'ailleurs le tugstène présente maints caractères de ressemblance. C'est un métal malléable, qui se lime aisément, se martèle, se forge, se soude à chaud; il ne raye pas le verre; chauffé dans une brasque de charbon vers 1.400 à 1.500°, déjà il se carbure; il raye alors le verre; chauffé à 200° et brusquement refroidi, il acquiert une plus grande dureté encore et raye le cristal de roche. — Il existe donc un acier de tungstène comme un acier de fer.

Sa grande densité (18,7) ainsi que sa dureté constituent de précieuses qualités industrielles.

Uranium. Vanadium. Zirconium. — L'uranium est plus rare que le tungstène. Il fut tout d'abord étudié par Péligot qui l'avait obtenu sous forme de petits globules fondus. Ce chimiste avait obtenu un chlorure double de sodium et uranium, formulé, en notation atomique : ($UCl^4 2NaCl$), réductible par le sodium, décomposable aussi par voie électrolytique... La méthode habituelle du four électrique permet d'obtenir d'abord une fonte d'uranium qui, frottée contre un corps dur, donne de longues étincelles, puis l'uranium moins aisément oxydable. On retrouve la même difficulté que pour le manganèse, vu la grande volatilité de l'uranium.

Le vanadium, étudié par Roscoe, s'obtient de même; le zirconium (Troost) donne un carbure aisément défini CZr.

Titane. — C'est l'un des corps le plus difficiles à préparer de la chimie minérale. On l'a décrit sous forme

d'une poudre rougeâtre qui n'était autre que l'azoture puis d'une poudre grise, mélange de composition douteuse devant l'analyse de laquelle reculaient les chimistes les plus déterminés.

La préparation au four électrique donne des résultats variables avec la puissance du courant. Une puissance de quelques chevaux volatilise simplement l'oxyde; une force de 40 chevaux donne uniquement l'azoture obtenu directement par M. Friedel; il ne faut pas moins de 100 chevaux pour obtenir le carbure défini TiC; l'azoture est alors totalement dissocié. Le problème de l'affinage de ce corps n'est pas encore complètement résolu; et c'est même à peine si l'on est parvenu à le fondre. Sous un courant de 2.000 ampères à 70 volts, la masse devient pâteuse et grimpe le long des parois du creuset; mais en présence d'un excès de carbone, la masse est parfaitement fusible. Les dernières recherches de M. Moissan sur l'affinage de cette fonte l'ont conduit à une teneur minima de 2 p. 100. Le titane pur est donc encore à trouver. Mais, chose curieuse, plus la température s'élève, plus le corps acquiert de dureté; il raye non seulement le verre, mais aussi le cristal de roche, le rubis, le diamant tendre même! Il permet de tailler ce dernier en moitié de temps qu'au moyen de la grisée; seul le diamant très dur résiste à son action. Cette dureté remarquable fait prévoir les nombreuses applications qu'aura certainement l'acier titané.

Nous ne poursuivrons pas plus loin l'étude de ces métaux. Mais, pour terminer, insistons sur ce qu'à ces hautes températures tous les oxydes mis en présence du charbon ont été réduits.

CARBURES MÉTALLIQUES.

L'étude des carbures métalliques tous obtenus si facilement au four électrique est aussi des plus intéressantes, tant au point de vue pratique que théorique.

Carbures alcalins et alcalino-terreux. — I. Le carbure de lithium, obtenu en chauffant du carbonate avec du charbon est une matière blanche analogue au chlorure de sodium. Il décompose l'eau à froid en donnant l'énorme volume de 587 litres d'acétylène par kilogramme.

II. Les carbures des métaux alcalino-terreux ont été d'un précieux secours à M. Berthelot dans son étude si complète de l'acétylène. Ayant chauffé du sodium dans un courant d'acétylène, ce chimiste avait constaté la formation d'une matière noirâtre souillée de charbon décomposable par l'eau. Presque en même temps, Woehler obtenait un carbure aussi impur par l'action de l'acétylène sur un alliage de zinc et de charbon ; le corps mal défini ainsi préparé, et dont il n'entreprit pas l'analyse, donnait par l'eau un gaz complexe qui devait, dit Woehler, contenir de l'acétylène. Ces premiers essais se précisèrent lorsque Winkler indiqua l'emploi du magnésium pour la réduction des oxydes métalliques. M. Maquenne, appliquant cette méthode au carbonate barytique, obtint le carbure de baryum, poudre noire qui, au contact de l'eau, donne de l'acétylène à 3 p. 100 d'hydrogène.

Telles étaient les connaissances des chimistes sur les carbures lorsqu'en 1892 M. Moissan entreprit ses premières expériences. En employant des fours en

chaux marchant très longtemps, il obtint une matière noire fondue coulant le long des électrodes. C'était le carbure de calcium. Alors tout entier à ses expériences sur l'obtention du diamant, il ne put reprendre cette étude qu'en 1894. Par l'emploi d'un mélange de carbone et de chaux :

$$CaO + 3C = CaC^2 + CO,$$

il obtint une matière noire nettement cristallisée, décomposant l'eau avec production d'acétylène :

$$CaC^2 + H^2O = C^2H^2 + CaO.$$

Ce qui frappa tout d'abord, ce fut la pureté du gaz obtenu : le gaz en si grande quantité qu'il fût (200 à 300 centimètres cubes) était entièrement absorbable par le sous-chlorure de cuivre ; il ne restait plus au sommet de l'éprouvette qu'un onglet de crasse provenant des impuretés solides, poussières, graisses qui se trouvent le long des parois de l'éprouvette ; et l'on n'ignore pas quelles difficultés inouïes on éprouve à préparer à l'état de pureté les gaz les plus vulgaires même comme l'acide carbonique. Depuis 1894, la fabrication du carbure de calcium a pris une énorme extension, absorbant aujourd'hui une force de plus de 10.000 chevaux, et ce corps, devenu industriel, ne coûte pas plus de 400 francs la tonne. Pour produire l'acétylène, on a d'abord songé à laisser tomber l'eau goutte à goutte sur le carbure, mais la température s'élève, l'acétylène se polymérise, il se forme de la benzine et le pouvoir éclairant varie à chaque instant : le mieux est d'employer un excès d'eau ; on peut alors, avec un bec spécial, obtenir une flamme très régulière, très lumineuse, dont le pouvoir éclairant est, à égalité de débit, vingt fois celui du gaz d'éclairage.

L'acétylène ne doit cependant être employé qu'à basse pression : composé endothermique, il détone spontanément et l'usage en a déjà donné lieu à des explosions. Chose intéressante à noter, c'est en France qu'eurent lieu les opérations industrielles ; en Amérique, s'est fondée une société « L'Acétylène », pour la fabrication et la divulgation de ce gaz d'éclairage.

On a eu pour l'acétylène un engouement peut-être un peu trop considérable. Quoi qu'il en soit, il est sans doute appelé à rendre de grands services surtout dans des pays éloignés et pour des installations particulières. Mais le jour n'est pas encore venu de l'éclairage à l'acétylène d'une ville tout entière.

III. A côté des carbures de lithium et de calcium, il importe de noter les corps analogues de composition et de préparation.

BaC^2 et SrC^2.

IV. *Carbures des autres métaux.* — On a répété les expériences ci-dessus avec les oxydes terreux rares analogues à la magnésie. Le traitement de l'oxyde de cérium mélangé avec du charbon donne un carbure défini C^2Ce cristallisé qui décompose l'eau en donnant :

Acétylène	78,47
Éthylène	2,63
Méthane	18,90

Le carbure de lanthane C^2La donne une réaction analogue.

La carbure d'yttrium C^2Y donne par l'eau :

Acétylène	71,70
Méthane	19,00
Éthylène	4,80
Hydrogène	4,50

Le carbure de thorium C^2Th cristallisé est décomposé de même :

Acétylène	47,05
Méthane	34,06
Ethylène	5,88
Hydrogène	16,01

Le carbure d'aluminium C^3Al^4 jaune transparent donne du méthane pur : de même le carbure de glucinium.

Le carbure de manganèse Mn^3C, préparé par MM. Troost et Hautefeuille, donne un mélange à volumes égaux de méthane et d'hydrogène.

Le carbure d'uranium donne :

Acétylène	0,17
Éthylène	6.77
Méthane	78,05
Hydrogène	15,01

Ce dernier présente une particularité importante ; il ne rend pas tout le carbone à l'état de gaz ; il en restitue le quart seulement, et l'eau au sein de laquelle se fait la décomposition renferme une certaine proportion de carbures liquides ou solides soit saturés soit non saturés. Formés en présence d'un excès de méthane et d'hydrogène, ils ne donneraient, d'après M. Berthelot, que des carbures saturés si l'on opérait sous pression.

V. A côté de cette classe de carbures, il en est une autre, celle des carbures de molybdène, tungstène...

$$CMo^2, \quad CTg^2, \quad CSi, \quad CTi, \quad CZr, \quad CVa,$$

non décomposables par l'eau, corps stables, durs et résistants, intéressant moins le chimiste que l'industriel, et dont nous avons déjà parlé à propos de la préparation des métaux.

VI. Enfin, l'or, le bismuth, l'étain ne se combinent pas au carbone : le cuivre, à peine.

En résumé, la chimie à une haute température est une chimie très simple ; un métal déterminé ne donne alors qu'un seul carbure.

THÉORIE DE LA FORMATION DES PÉTROLES.

A cette question de formation des carbures se rattache intimement la théorie de la production des pétroles.

On en a donné plusieurs explications ; on les a attribués d'abord à la décomposition lente de matières végétales ou animales, altérations et transformations des schistes bitumineux ; il est probable que cette hypothèse est applicable à certains pays, à Autun par exemple.

Mais, dans beaucoup de cas, il semble avéré que la décomposition par l'eau des carbures métalliques a dû jouer un certain rôle.

A Pittsbourg, depuis des siècles, il y a des dégagements naturels de méthane, employés pour le chauffage et l'éclairage. N'est-il pas vraisemblable d'admettre qu'il y a là le résultat de la décomposition d'un carbure d'aluminium, étant donnée l'énorme quantité d'alumine de nos terrains superficiels ?

En France, dans la Limagne, l'asphalte imprègne toutes les fissures d'eau douce ; aussi des sondages récents y ont-ils révélé l'existence de mines de pétrole. N'est-ce pas là encore une explication très plausible que celle de la formation, puis de la décomposition des carbures métalliques, une répétition sur une immense échelle de la décomposition du carbure d'uranium ?

Les phénomènes volcaniques viennent apporter une nouvelle raison d'être à cette hypothèse. Les dernières convulsions d'un volcan s'annoncent en effet par des dégagements gazeux; au milieu de la mer, ces dégagements sont constitués principalement par de l'hydrogène, carboné ou libre : les fissures aériennes au contraire, fonctionnant comme de véritables cheminées d'appel, brûlent ces gaz et ne laissent dégager que de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique.

Mais la chimie touche ainsi à la géologie, et la question s'élargissant, nous entrevoyons la constitution primitive de notre globe. A ces températures élevées où se trouvait la terre, nul doute que tout notre azote et tout notre carbone ne fussent combinés à l'état de composés minéraux qui, dans la suite, furent décomposés lorsque le refroidissement permit la condensation de la vapeur d'eau; la terre d'alors nous apparaît comme un immense fourneau électrique, et celui-ci réalise sous nos yeux les conditions de ces époques géologiques reculées.

ÉTUDE SUR LES PILES

Cette étude a été entreprise en vue de réunir quelques renseignements sur le débit des piles employées ou proposées pour les usages télégraphiques et téléphoniques et d'en déduire les genres et les dimensions qui conviennent le mieux pour chacune de ces applications. A cet effet, on ne s'est pas préoccupé de déterminer, comme on le fait souvent, la force électromotrice et la résistance de la pile aux différentes périodes de sa mise en service. Ces *constantes* qui, dans certains genres de piles, varient au cours même de la mesure et dont la valeur trouvée dépend alors de la méthode et de la célérité d'expérimentation, ne présentent pas, dans la pratique, l'importance qu'on leur attribue généralement. Ce qui intéresse, le plus souvent, c'est le débit que peut fournir une pile dans un conducteur déterminé; si donc ce circuit extérieur est donné, la variation de l'intensité produite contiendra l'indication cherchée; il importera peu, dans la pratique, que la chute du courant provienne d'une diminution de force électro-motrice ou d'une augmentation de la résistance intérieure.

Les intensités utilisées dans les transmissions télégraphiques sont comprises entre 10 et 20 milliampères; on peut admettre qu'en fermant un seul élément



de pile sur 50 ohms, cet élément débitera un courant du même ordre de grandeur que celui qu'il aurait à fournir s'il entrait dans la formation d'une pile de transmission.

La résistance des circuits microphoniques varie dans un même modèle suivant que les charbons sont au repos ou animés d'un mouvement vibratoire sous l'action de la parole; la résistance moyenne est d'ailleurs notablement différente d'un type à l'autre; cependant, on peut admettre, sans trop d'erreur, que le courant nécessaire pour actionner convenablement un microphone est compris entre 100 et 300 milliampères; on aura donc une idée assez exacte de la manière dont se comporte un des éléments de la pile alimentant un microphone en étudiant son débit sur une résistance de 5 ohms ou de 10 ohms.

Pour se placer dans des conditions se rapprochant autant que possible de la pratique, il conviendrait, dans le premier cas, de fermer la pile pendant des périodes semblables à la durée des émissions télégraphiques, suivies d'intervalles de repos; dans le second, de produire des fermetures de 5 ou 10 minutes, auxquelles succéderaient des isolements de plus longue durée. Cette manière de procéder présente quelques inconvénients : la succession fréquente des ruptures amène, à la longue, l'oxydation des contacts et par suite cause des variations dans la résistance du circuit extérieur; l'évaluation de la durée du courant est entachée de certaines erreurs; enfin cette manière d'opérer augmente d'une manière exagérée la durée de la période d'épuisement complet d'un élément un peu volumineux. Pour ces motifs, les expériences dont il est question ici ont été effectuées en fermant d'une

manière permanente les piles à étudier sur la résistance choisie et en substituant, à l'aide d'un commutateur, au moment d'opérer une mesure, un second circuit formé d'un ampèremètre et d'un rhéostat dont la résistante totale représentait exactement la valeur de la première résistance.

L'appareil choisi, shunté au dixième, permettait d'apprécier les centièmes d'ampères avec une précision d'une demi-division. Les lectures 1, 1,5 et 0,5, qui représentent le débit au moment où la pile est épuisée, ne doivent par conséquent être accueillies qu'avec une certaine réserve, l'erreur relative qu'elles comportent est assez élevée. La période durant laquelle on rencontre de pareilles intensités n'a d'ailleurs aucun intérêt pratique, et il n'a pas paru nécessaire de prendre d'autres dispositions pour augmenter la précision des mesures.

PILE LECLANCHÉ A LIQUIDE

Modèles téléphonique et télégraphique à vase poreux. — On emploie depuis longtemps, dans les bureaux télégraphiques secondaires, un modèle de pile construit d'après les indications de Leclanché lui-même. Le vase poreux contient un mélange de deux parties de peroxyde de manganèse et d'une partie de charbon de cornue, le tout concassé grossièrement; la dimension des fragments varie entre la grosseur d'un pois et celle d'un grain de chènevis.

La Société générale des téléphones utilisait, et l'État a continué d'employer, pour les microphones, un élément presque semblable, un peu plus volumineux, et

dont le vase poreux est percé de cinq trous. Le tableau suivant contient quelques indications relatives au poids des diverses matières entrant dans le montage de ces piles et à l'encombrement qu'elles occasionnent.

PILE LECLANCHÉ A VASE POREUX	MODÈLE téléphonique	MODÈLE télégraphique
Hauteur totale	200^{mm}	170^{mm}
Largeur extérieure	90^{mm}	80^{mm}
Capacité du vase de verre.	$0^{lit}.750$	$0^{lit}.500$
Capacité du vase poreux	$0^{lit}.210$	$0^{lit}.180$
Dimensions du charbon.	$150/50/7^{mm}$	$130/50/7^{mm}$
Dimensions du crayon de zinc	$h = 160$; $d = 7^{mm}$	$h = 150$; $d = 10^{mm}$
Poids du zinc.	95 gr.	88 gr.
Poids du mélange dépolarisant. . . .	320 gr.	260 gr.
Poids du sel ammoniac	120 gr.	100 gr.
Poids de l'eau.	300 gr.	250 gr.
Poids total.	2.100 gr.	1.500 gr.
Prix de revient de l'élément complet.	1 fr.	$0^{fr},85$

Ces éléments fermés sur une résistance fixe fournissent un courant dont l'intensité décroît d'autant plus rapidement que la résistance est plus faible; cette décroissance est généralement continue et l'élément finit par tomber complètement au bout de quelques jours, quelques semaines, ou quelques mois, suivant la valeur de la résistance extérieure. Le zinc est d'ailleurs attaqué plus ou moins régulièrement et finit par perdre environ la moitié de son poids; de gros cristaux se forment dans la liqueur pendant que d'autres se déposent en épi régulier autour du crayon de zinc; leur présence influe alors défavorablement sur l'intensité du courant.

Lorsque le débit est devenu insignifiant, si l'on retire le vase poreux et qu'après l'avoir rincé, on l'abandonne à lui-même pendant quelque temps, puis qu'on le replace dans la pile soit avec un zinc neuf, soit avec la même électrode nettoyée, on constate une reprise

d'activité qui décroît de nouveau rapidement. Une exposition prolongée du vase poreux à l'air, après son retrait de la solution, semble être favorable à cette récupération de puissance.

Si, au lieu d'épuiser l'élément par une fermeture permanente, on se contente de le faire travailler pendant de courtes périodes, séparées par des intervalles de repos, la chute est moins rapide et, dans chaque expérience, l'intensité moyenne se maintient à un niveau plus élevé.

La Pl. I représente le débit fourni par l'élément téléphonique et l'élément télégraphique fermés sur des résistances de 50, 10 et 5 ohms; une courbe spéciale donne la marche de l'élément téléphonique d'heure en heure pendant une durée de deux jours.

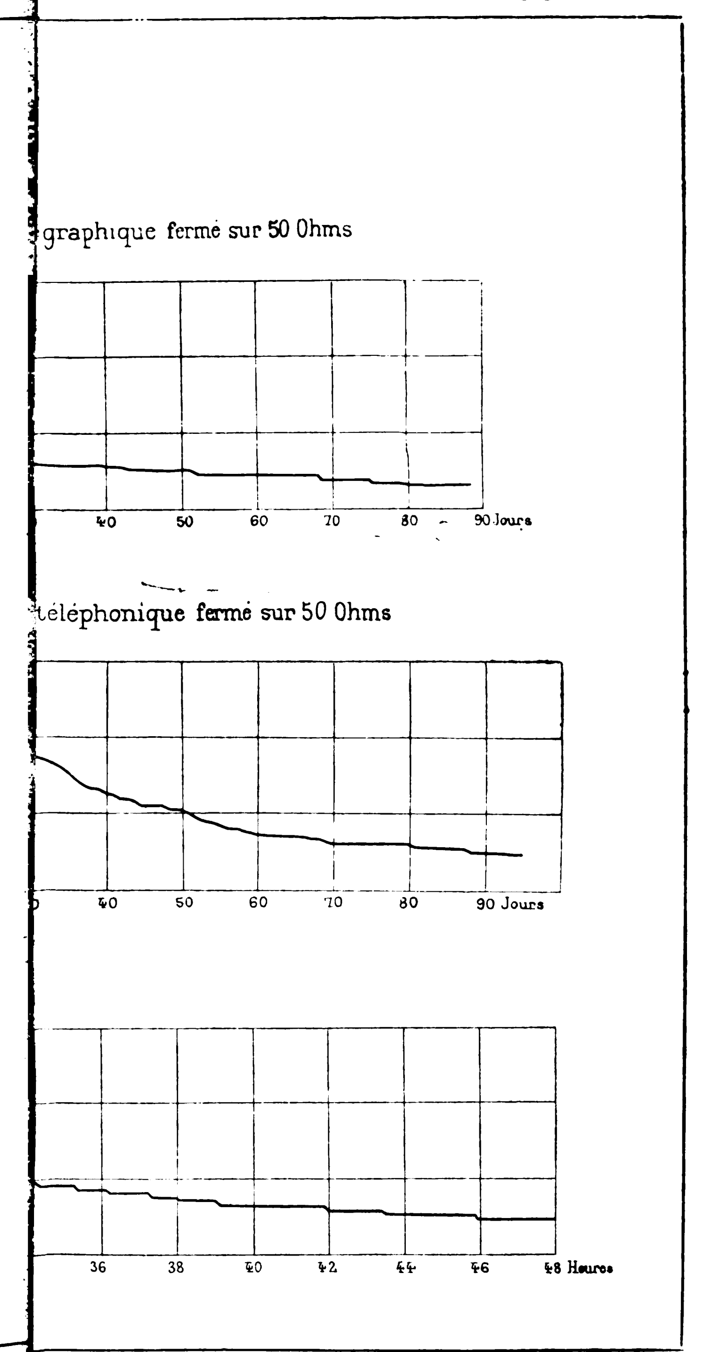
Le tableau ci-dessous indique le nombre de jours au bout desquels le débit de ces éléments tombe à la moitié, au tiers ou au quart de celui que fournit un élément Leclanché de grandes dimensions, dont il sera question plus loin, et auquel on comparera tous les autres; en d'autres termes aux valeurs suivantes : 280 milliampères sur une résistance de 5 ohms, 150 milliampères sur une résistance de 10 ohms et 30 milliampères sur une résistance de 50 ohms. Ces nombres de jours qui, en réalité, ne représentent que les abscisses de trois points déterminés de la courbe ayant des ordonnées déterminées sont des repères qui permettent de juger approximativement de son allure et dispensent de la tracer. Ce procédé de représentation nous sera utile un peu plus loin pour grouper les résultats de nombreuses observations.

		ÉLÉMENT fermé sur 5^{ohms}		ÉLÉMENT fermé sur 10^{ohms}		ÉLÉMENT fermé sur 50^{ohms}	
		Modèle téléphonique	Modèle télégraphique	Modèle téléphonique	Modèle télégraphique	Modèle téléphonique	Modèle télégraphique
Nombre de jours nécessaires pour réduire l'intensité	à la moitié	0,125	»	1	1	35	10
	au tiers. . .	1	»	2	2	50	14
	au quart . .	1,175	1	4	3	59	20

La remise à neuf de ces éléments entraîne une dépense d'environ 87 centimes pour le premier et de 70 centimes pour le second; on peut admettre que la valeur des résidus est inférieure à la dépense de manutention et transport à l'usine que nécessiterait leur utilisation à nouveau.

Les diagrammes de la Pl. I ne correspondent pas tout à fait au cas pratique; si un élément est fermé pendant une durée totale de 24 heures par fractions de 5 ou 10 minutes séparées par des intervalles de repos au moins égaux, le débit sera certainement plus considérable que celui qui est indiqué par les courbes pour une période de fermeture continue équivalente, cependant la Pl I permet de se rendre compte de l'allure générale de cette pile et montre qu'elle est peu propre au service des microphones.

Modèle de la maison Barbier. — La maison Barbier, propriétaire des procédés Leclanché, a fréquemment modifié les modèles qu'elle fabrique. Sans avoir complètement abandonné le type à vase poreux qui est


graphique fermé sur 50 Ohms
40
50
60
70
80
90 Jours
téléphonique fermé sur 50 Ohms
40
50
60
70
80
90 Jours
36
38
40
42
44
46
48 Heures

tellement connu que sa confection répond à un besoin commercial, elle semble aujourd'hui donner la préférence à divers modèles comprenant tous un aggloméré cylindrique creux, avec tête en plomb et prise de contact à écrou. Cet aggloméré entre dans le montage du *modèle sec* aussi bien que dans celui des éléments à liquide; il est, dans ce dernier cas, associé à un zinc formant soit un manchon cylindrique extérieur à l'aggloméré, soit un bâton placé à l'intérieur de la cavité centrale.

L'élément sec sera décrit plus loin, en même temps que d'autres similaires. Les principales dimensions des éléments à liquide et les poids des matières entrant dans leur composition sont indiquées ci-dessous :

PILE Leclanché-Barbier à aggloméré cylindrique	GRAND MODÈLE	MODÈLE MOYEN (disque)	PETIT MODÈLE
Capacité du vase. . . .	$2^{lit},100$	$1^{lit},250$	$0^{lit}.700$
Dimensions du zinc. . .	manchon { $h = 170^{mm}$, $d = 90$ }	crayon { $h = 180^{mm}$, $d = 17$ }	crayon { $h = 170^{mm}$, $d = 10$ }
Poids du zinc.	$0^{kg},500$	$0^{kg},300$	$0^{kg},100$
Aggloméré. Hauteur	230^{mm}	140^{mm}	140^{mm}
Aggloméré. Diamètre extérieur	85	80	55
Aggloméré. Epaisseur . . .	18	15	12
Aggloméré. Poids, sans la tête.	$1^{kg},900$	$1^{kg},230$	$0^{kg},654$
Sel excitateur { AzH^4Cl 80 p. 100, $ZnCl$ 20 — (environ). }	400	250	100
Eau.	700	450	300
Poids total.	$5^{kg}.300$	$3^{kg},700$	$2^{kg},100$
Prix du catalogue. . . .	(?)	$6^{f}.00$	$3^{f},75$

L'aggloméré est formé de peroxyde de manganèse et de charbon de cornue ou de coke pulvérisés et agglutinés par du brai; une analyse grossière nous a indiqué que le peroxyde de manganèse représentait

environ 50 p. 100 du poids total, peut-être même un peu moins. Le moulage est vraisemblablement effectué à une température peu élevée comme l'indique l'odeur de l'aggloméré et sous une pression qui n'est pas très considérable; il en résulte qu'après quelque temps d'immersion, la matière s'imprègne de liquide, augmente de volume et devient fragile. Le signe *, figuré à côté de la courbe ou dans les tableaux, indique que l'élément auquel il se rapporte a été mis prématurément hors d'usage par la rupture de l'aggloméré à l'occasion d'un nettoyage ou d'un examen.

La substance excitatrice n'est pas du chlorure d'ammonium, mais un mélange de ce sel avec du chlorure de zinc. On a observé, en effet, que les cristaux qui se déposent sur le zinc dans les éléments préparés d'après le procédé primitif et qui finissent par paralyser l'élément se dissolvent lorsque la liqueur est plus riche en chlorure de zinc.

Les prix portés au catalogue de la maison Barbier ne peuvent pas être comparés à ceux qui ont été adoptés plus haut pour les éléments fabriqués aux ateliers de l'administration (*). Les indications d'un catalogue qui s'adresse au public pour de minimes fournitures auxquelles s'appliquent des remises aux intermédiaires, frais d'envoi, publicité, etc..., diffèrent notablement des conditions d'un marché portant sur de grandes quantités et ne donnant pas lieu aux mêmes dépenses. A défaut d'autres renseignements, nous adopterons les prix des catalogues diminués de 25

(*) Ces prix eux-mêmes ne doivent être accueillis qu'avec quelques réserves; ils ne comprennent pas certains frais généraux, tels que loyer, amortissement de l'installation, traitement des fonctionnaires, retraites, secours, frais d'études, etc.

environ 50 p. 100 du poids total, peut-être même un peu moins. Le moulage est vraisemblablement effectué à une température peu élevée comme l'indique l'odeur de l'aggloméré et sous une pression qui n'est pas très considérable; il en résulte qu'après quelque temps d'immersion, la matière s'imprègne de liquide, augmente de volume et devient fragile. Le signe *, figuré à côté de la courbe ou dans les tableaux, indique que l'élément auquel il se rapporte a été mis prématurément hors d'usage par la rupture de l'aggloméré à l'occasion d'un nettoyage ou d'un examen.

La substance excitatrice n'est pas du chlorure d'ammonium, mais un mélange de ce sel avec du chlorure de zinc. On a observé, en effet, que les cristaux qui se déposent sur le zinc dans les éléments préparés d'après le procédé primitif et qui finissent par paralyser l'élément se dissolvent lorsque la liqueur est plus riche en chlorure de zinc.

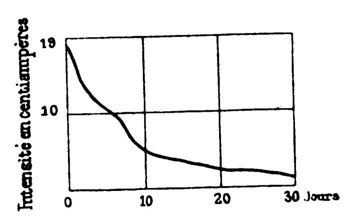
Les prix portés au catalogue de la maison Barbier ne peuvent pas être comparés à ceux qui ont été adoptés plus haut pour les éléments fabriqués aux ateliers de l'administration (*). Les indications d'un catalogue qui s'adresse au public pour de minimes fournitures auxquelles s'appliquent des remises aux intermédiaires, frais d'envoi, publicité, etc..., diffèrent notablement des conditions d'un marché portant sur de grandes quantités et ne donnant pas lieu aux mêmes dépenses. A défaut d'autres renseignements, nous adopterons les prix des catalogues diminués de 25

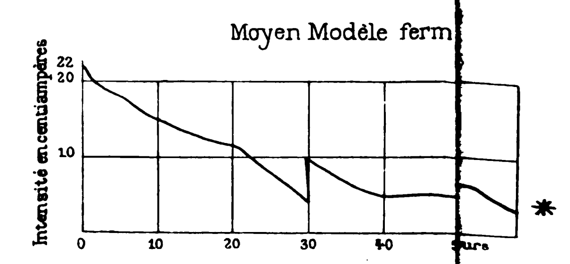
(*) Ces prix eux-mêmes ne doivent être accueillis qu'avec quelques réserves; ils ne comprennent pas certains frais généraux, tels que loyer, amortissement de l'installation, traitement des fonctionnaires, retraites, secours, frais d'études, etc.

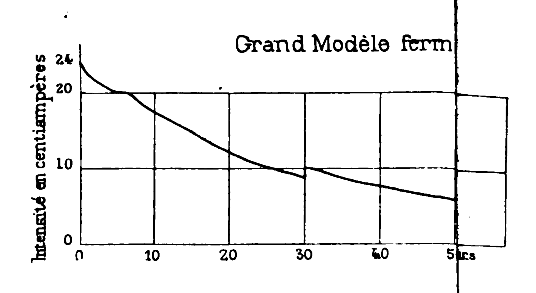


à a

Petit Modèle
fermé sur 5 Ohms







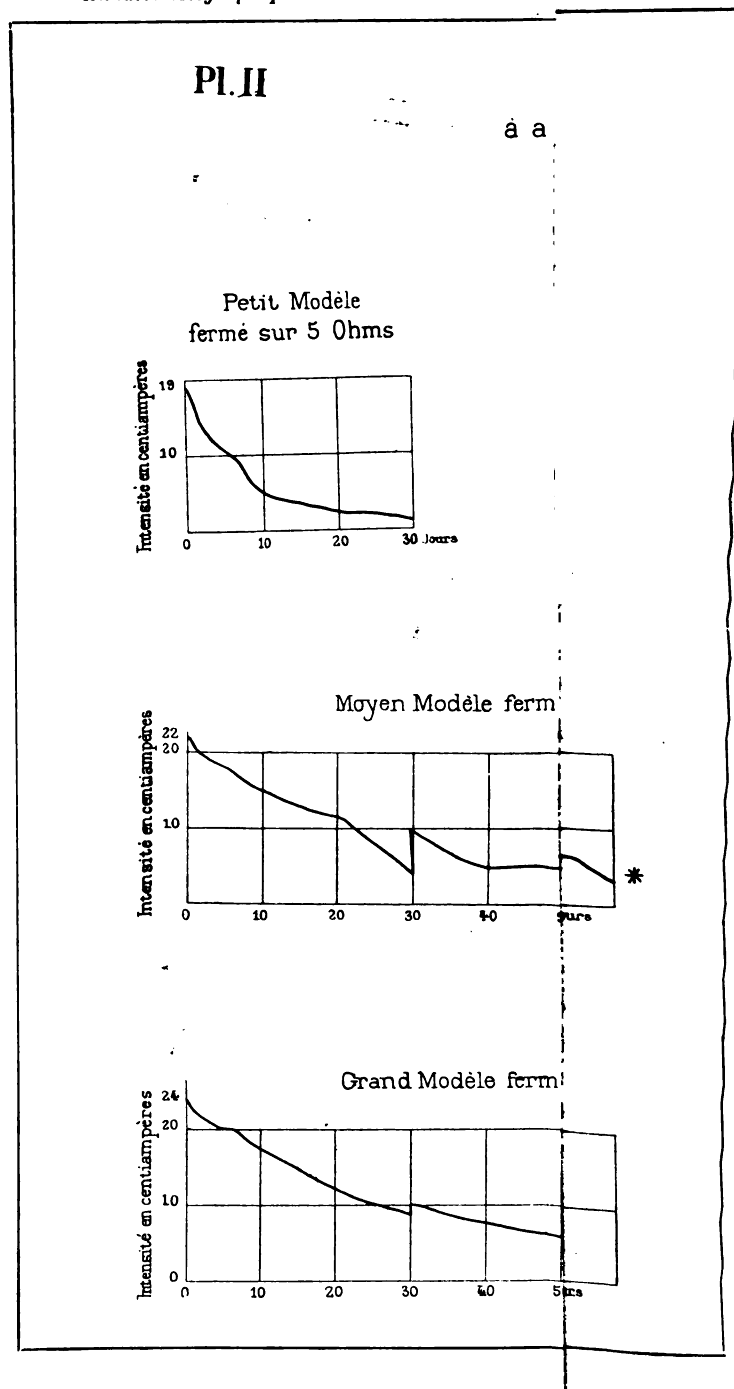
p. 100 pour le matériel fabriqué en France; nous conserverons le prix fort pour les objets de provenance étrangère qui peuvent être grevés de frais spéciaux, commission, douane, etc...

Le tableau ci dessous, dressé d'après la règle indiquée précédemment, indique le nombre de jours au bout desquels l'intensité de ces éléments est tombée à la moitié, au tiers et au quart de l'intensité primitive de l'élément type; il convient d'ailleurs de remarquer que cette intensité est approximativement celle du début des éléments moyens et grands.

		ÉLÉMENT FERMÉ sur 5 ohms			ÉLÉMENT FERMÉ sur 10 ohms		
		Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle	Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle
Nombre de jours nécessaires pour que le débit tombe :	à la moitié.	16	12	2	42	40	10
	au tiers. . .	34	27 *	7	> 60 *	65 *	18 *
	au quart. .	42	33	8	»	»	»

La Pl. II représente le diagramme de l'intensité fournie par chaque élément. Les crochets qu'on rencontre le trentième jour sur les piles fermées sur 5 ohms correspondent au remplacement du bâton de zinc, coupé par usure, dans l'élément moyen et au nettoyage du manchon dans le grand modèle.

L'allure générale de ces courbes est beaucoup plus satisfaisante que celle de la planche précédente; elle montre que les nouveaux procédés de fabrication contiennent des améliorations réelles; malheureusement, la fragilité des agglomérés ne permet pas d'en tirer tout le parti qu'on pourrait attendre, comme l'indique l'arrêt brusque des éléments fermés sur 10 ohms.



Pl. II
à a
Petit Modèle
fermé sur 5 Ohms
Intensité en centiampères
19
10
0
10
20
30 Jours
Moyen Modèle ferm
Intensité en centiampères
22
20
10
0
10
20
30
40
*
Grand Modèle ferm
Intensité en centiampères
24
20
10
0
0
10
20
30
40

p. 100 pour le matériel fabriqué en France; nous conserverons le prix fort pour les objets de provenance étrangère qui peuvent être grevés de frais spéciaux, commission, douane, etc...

Le tableau ci dessous, dressé d'après la règle indiquée précédemment, indique le nombre de jours au bout desquels l'intensité de ces éléments est tombée à la moitié, au tiers et au quart de l'intensité primitive de l'élément type; il convient d'ailleurs de remarquer que cette intensité est approximativement celle du début des éléments moyens et grands.

		ÉLÉMENT FERMÉ sur 5 ohms			ÉLÉMENT FERMÉ sur 10 ohms		
		Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle	Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle
Nombre de jours nécessaires pour que le débit tombe :	à la moitié.	16	12	2	42	40	10
	au tiers. . .	34	27 *	7	$>$ 60 *	65 *	18 *
	au quart. .	42	33	8	»	»	»

La Pl. II représente le diagramme de l'intensité fournie par chaque élément. Les crochets qu'on rencontre le trentième jour sur les piles fermées sur 5 ohms correspondent au remplacement du bâton de zinc, coupé par usure, dans l'élément moyen et au nettoyage du manchon dans le grand modèle.

L'allure générale de ces courbes est beaucoup plus satisfaisante que celle de la planche précédente; elle montre que les nouveaux procédés de fabrication contiennent des améliorations réelles; malheureusement, la fragilité des agglomérés ne permet pas d'en tirer tout le parti qu'on pourrait attendre, comme l'indique l'arrêt brusque des éléments fermés sur 10 ohms.

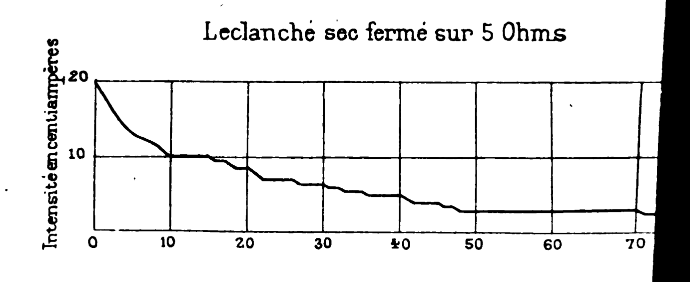
Piles sèches dérivant du type Leclanché.

Depuis plusieurs années, divers industriels fabriquent, avec les matières premières entrant dans la formation des piles Leclanché, des piles dites *sèches*, dans lesquelles les réactions ne sont peut-être pas absolument identiques, mais dont le fonctionnement est cependant sensiblement le même que celui des piles à solution abondante.

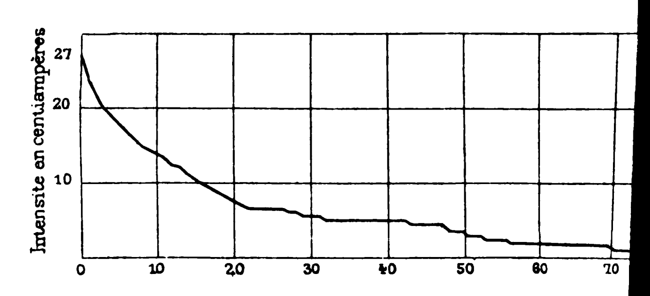
Pile sèche de la maison Barbier. — La maison Barbier utilise dans sa pile sèche l'aggloméré précédemment décrit; après en avoir obturé le fond par un disque de carton, on l'enveloppe dans un manchon de zinc mince dont le diamètre excède d'environ un centimètre celui de l'aggloméré; une pâte de composition spéciale remplit l'intervalle et deux braclets de caoutchouc maintiennent les deux cylindres dans des positions concentriques; une couche de quelques millimètres de la même pâte recouvre le zinc à l'extérieur; enfin une boîte de fer-blanc enferme le tout. C'est la boîte qui sert à la prise de contact avec le pôle négatif; un papier et une couche de vernis assurent son isolement extérieur; l'aggloméré est, comme dans les éléments à liquide pourvu d'une tête en plomb avec écrou de serrage.

La pâte excitatrice est formée de plâtre à mouler gâché avec une solution de chlorure d'ammonium et peut-être aussi de chlorure de zinc; les proportions de plâtre et d'eau sont telles que le mélange, bien que prenant corps, ne durcisse jamais complètement. Le plâtre semble n'exercer aucune action chimique impor-

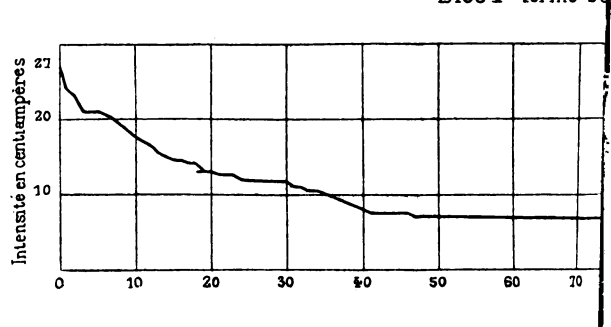
Pl. III



G.E.C. Fermé sur 5 Ohms



Bloc F fermé su



et n'être que le véhicule qui immobilise la solu-
aline au voisinage du zinc.
cavité centrale de l'aggloméré est remplie de
e de bois ; cette substance s'imprègne de vapeurs
oniacales qui se dégagent des parois du manchon
ours de la réaction. Il convient de remarquer que
gloméré, qui n'est pas plongé dans un bain liquide,
evient pas fragile comme dans les éléments à solu-
; d'ailleurs, vu la double enveloppe de fer-blanc et
zinc et la plasticité de la pâte qui l'entoure, cette
gilité n'aurait pas autant d'inconvénient dans les
s sèches que dans les autres.
Les principales dimensions de l'élément dont il est
estion ici sont les suivantes :

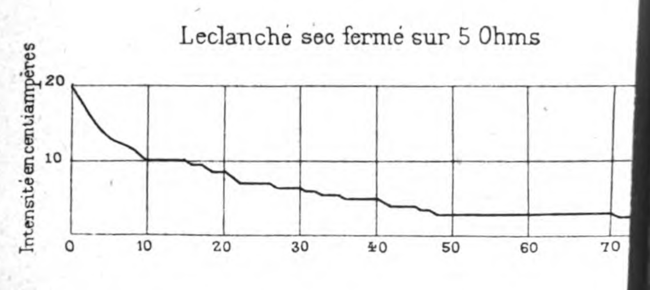
Vase extérieur	*h*	145 millim.
	d	100 millim.
Manchon de zinc	*h*	135 millim.
	d	96 millim.
	e	1 millim.
	Poids	120 grammes.
Aggloméré	*h*	160 millim.
	d	80 millim.
	e	10 millim.
	Poids	740 grammes.
Poids total de l'élément		2.050 grammes.
Prix du catalogue		5f,50

Après sa mise hors d'usage, l'élément ne représente guère d'autre valeur que celle de la calotte de plomb ; en tenant compte de la réduction de 25 p. 100 et de ce résidu, on peut admettre que le prix de remplacement serait de 4 francs.

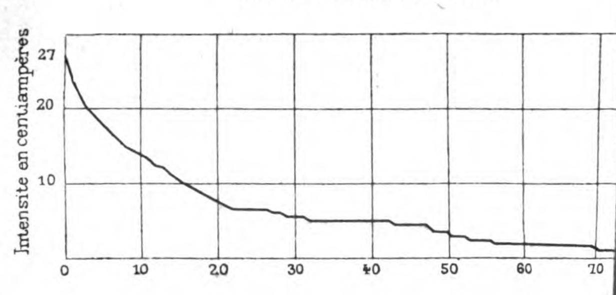
Les courbes de débit de cet élément fermé sur 5, 10 et 50 ohms, sont représentées aux Pl. III et IIIbis. Un repos prolongé ne permet de récupérer qu'un débit insignifiant.

Pile sèche GEC. — Cette notation sera employée pour

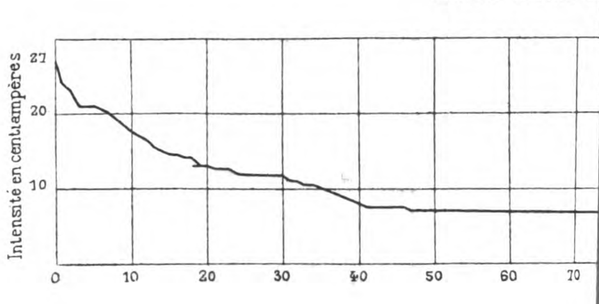
Pl. III



G.E.C. Fermé sur 5 Ohms



Bloc **F** fermé su



e et n'être que le véhicule qui immobilise la solu- saline au voisinage du zinc.

a cavité centrale de l'aggloméré est remplie de re de bois; cette substance s'imprègne de vapeurs moniacales qui se dégagent des parois du manchon cours de la réaction. Il convient de remarquer que ggloméré, qui n'est pas plongé dans un bain liquide, devient pas fragile comme dans les éléments à solu- n; d'ailleurs, vu la double enveloppe de fer-blanc et e zinc et la plasticité de la pâte qui l'entoure, cette agilité n'aurait pas autant d'inconvénient dans les iles sèches que dans les autres.

Les principales dimensions de l'élément dont il est question ici sont les suivantes :

Vase extérieur	*h*	145 millim.
	d	100 millim.
Manchon de zinc	*h*	135 millim.
	d	96 millim.
	e	1 millim.
	Poids	120 grammes.
Aggloméré	*h*	160 millim.
	d	80 millim.
	e	10 millim.
	Poids	740 grammes.
Poids total de l'élément		2.050 grammes.
Prix du catalogue		5f,50

Après sa mise hors d'usage, l'élément ne représente guère d'autre valeur que celle de la calotte de plomb; en tenant compte de la réduction de 25 p. 100 et de ce résidu, on peut admettre que le prix de remplacement serait de 4 francs.

Les courbes de débit de cet élément fermé sur 5, 10 et 50 ohms, sont représentées aux Pl. III et IIIbis. Un repos prolongé ne permet de récupérer qu'un débit insignifiant.

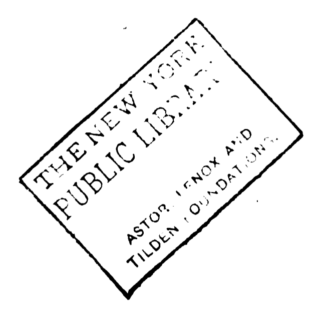
Pile sèche GEC. — Cette notation sera employée pour

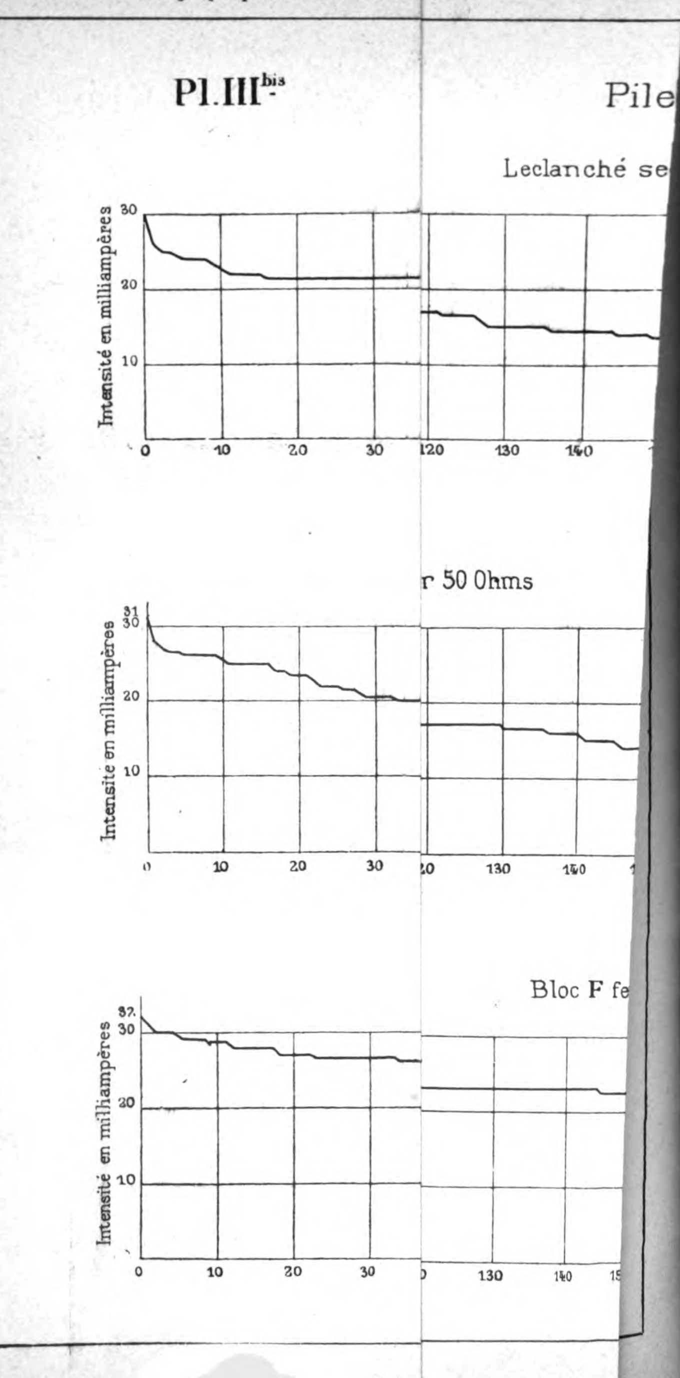
désigner une pile fabriquée par la *General Electric C°*, de Londres, qui paraît en faveur dans certains pays et qui, en particulier, est utilisée par la *National Telephone C°* pour les microphones d'abonnés des réseaux anglais.

Cette pile est formée d'un récipient-électrode en zinc dont la partie centrale est occupée par une lame de charbon artificiel, autour de laquelle se trouve un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon *finement pulvérisés;* une couche de pâte au plâtre de quelques millimètres d'épaisseur est interposée entre la paroi interne du vase de zinc et la poudre dépolarisante. Un mastic à base de cire à cacheter recouvre le tout et ferme hermétiquement le récipient; le charbon émerge au-dessus de cette obturation, un boulon de laiton permet d'y attacher la prise de contact. Le vase est enveloppé d'une couche de carton mince et d'une feuille de papier; un fil de cuivre soudé à la partie supérieure sert à prendre la communication avec le zinc. Cet élément se construit aussi dans la forme carrée et de différentes grandeurs; voici les principales dimensions du type que nous avons étudié.

Vase en zinc	*h*	185 millim.
	d	80 millim.
	e	0,7 millim.
	Poids	190 grammes.
Mélange dépolarisant.	Poids	600 grammes.
Charbon	*h*	185 millim.
	l	42 millim.
	e	13 millim.
Poids total		1.700 grammes.
Prix		5 francs.

Les matières susceptibles d'être utilisées après l'épuisement de la pile consistent dans la lame de charbon et quelques déchets de zinc, dont la valeur ne dépasse


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.



pas 25 centime
soit susceptibl
de l'élément re
Les courbes

Pile-bloc. —
par son auteur
qu'elle est form
une face d'une
tion ammoniaca
mélange dépol
charbon artifici
gélique envelop
lui-même dans
Il existe d'aille
de cette boîte
faux-fond forme
tic souple et su
termédiaire de
dispositif a pou
sion énergique
se dilater un
suite d'un débit
réaction exerc
Le mélange
plus fins que
neure, il est h
lui-même ne re
reste du poids
et la matière s
Cette pile s
nous avons su

(*) V. *Annales*

centimes ; en supposant que le prix d'achat ne susceptible d'aucune réduction, la consommation l'élément reviendrait à 4f,75.

Les courbes de débit sont figurées aux Pl. III et IIIbis.

Pile-bloc. — Cette pile a été décrite dans les *Annales* ar son auteur, M. Germain (*). Rappelons seulement u'elle est formée de deux plaques de zinc garnies sur ne face d'une couche de cofferdam imbibé d'une solution ammoniacale ; entre ces plaques se trouve le mélange dépolarisant au milieu duquel est logé un charbon artificiel ; l'ensemble forme un bloc parallélipipédique enveloppé d'une toile imperméable et enfermé lui-même dans une boite étanche en chêne paraffiné. Il existe d'ailleurs entre la paroi formant le couvercle de cette boîte et l'une des faces du bloc une sorte de faux-fond formé d'une planchette recouverte d'un mastic souple et sur laquelle s'appuie le couvercle par l'intermédiaire de ressorts-lames légèrement cintrés. Ce dispositif a pour but d'exercer sur le bloc une pression énergique, tout en lui permettant cependant de se dilater un peu sans rompre la boite, lorsque, par suite d'un débit un peu soutenu, les gaz dégagés par la réaction exercent une certaine poussée.

Le mélange dépolarisant est en fragments un peu plus fins que la graine de chènevis ; dans une pile neuve, il est humide mais non mouillé ; le cofferdam lui-même ne renferme pas plus de 50 p. 100 d'eau ; le reste du poids est représenté par la substance végétale et la matière saline.

Cette pile se construit sous plusieurs dimensions ; nous avons surtout expérimenté sur le type intermé-

(*) V. *Annales télégraphiques*, t. II, 1875, p, 327.

diaire F ; le tableau ci-dessous contient des renseignements sur les matières entrant dans la confection des divers modèles.

DÉSIGNATION DES ÉLÉMENTS entrant dans la composition		TYPE G	TYPE F	TYPE D
Deux plaques de zinc. . .	Longueur	240^{mm}	180^{mm}	120^{mm}
	Largeur	140^{mm}	125^{mm}	65^{mm}
	Poids total.	1^{k},000	0^{k},560	0^{k}.250
Charbon formant + . . .	Longueur	220^{mm}	170^{mm}	110^{mm}
	Largeur	35^{mm}	32^{mm}	30^{mm}
	Epaisseur	8^{mm}	8^{mm}	8^{mm}
Mélange dépolarisant. . .	Poids.	5^{k},000	2^{k},300	0^{k},730
Cofferdam imbibé.	Poids approximatif.	0^{k},500	0^{k},300	0^{k},100
Dimensions extérieures. .	Longueur	300^{mm}	225^{mm}	90^{mm}
	Largeur	200^{mm}	150^{mm}	150^{mm}
	Epaisseur	110^{mm}	105^{mm}	90^{mm}
Poids total		8^{k},650	4^{k},300	1^{k},400
Prix du catalogue.		16^{f}	10^{f}	6^{f}

Pour les évaluations qui vont suivre, nous prendrons au lieu des prix du catalogue respectivement ceux de 9^{f}, 5^{f},60, 4^{f} pour les éléments G, F et D, dans lesquels il est tenu compte de la valeur des matériaux utilisables après épuisement.

Le tableau suivant indique la durée des éléments secs.

		ÉLÉMENTS fermés sur 5 ohms			ÉLÉMENTS fermés sur 10 ohms					ÉLÉMENTS fermés sur 50 ohms		
		Bloc	G E C	Leclanché sec	Bloc G	Bloc F	Bloc D	G E C	Leclanché sec	Bloc F	G E C	Leclanché sec
Nombre de jours nécessaires pour que l'intensité tombe :	à la moitié.	17	10	4	56	38	6	29	11	291	141	135
	au tiers. . .	37	16	17	70	90	14	36	40	?	162	205
	au quart. .	90	20	26	90	?	22	38	46	?	171	215

Les Pl. III et IIIbis représentent les courbes de débit. On peut remarquer qu'aucune de ces piles ne fournit, même sur une très grande résistance, une intensité constante, on ne peut donc songer à les utiliser pour un travail exigeant à la fois un grand débit et une régularité parfaite : l'alimentation des moteurs de distributeurs Baudot, par exemple. Des expériences directes ont d'ailleurs démontré ce fait depuis plusieurs années; le prix de revient de l'énergie de ces piles est du reste supérieur à celle fournie par des éléments Callaud. Mais s'il s'agit simplement d'effectuer les transmissions télégraphiques, ces piles peuvent être employées avantageusement dans un grand nombre de circonstances où le modèle à vase poreux actuel serait insuffisant. Pour actionner des microphones, où une régularité absolue d'intensité n'est pas indispensable, pourvu que le débit ne tombe pas au-dessous d'une certaine valeur, ces piles conviennent d'autant mieux qu'elles peuvent généralement profiter du relèvement de force électro-motrice qu'occasionne le repos.

Les courbes et les tableaux qui précèdent montrent que même en tenant compte de l'amélioration provenant de ce repos, les piles à vase poreux employées jusqu'ici ne présentent que de très médiocres réserves et qu'elles doivent être abandonnées pour des modèles offrant plus de garanties de durée. Il n'est pas logique d'établir des lignes avec grand soin, d'employer des fils de haute conductibilité et d'exiger une construction soignée des appareils si l'on néglige le générateur. Nous allons montrer que l'infériorité de l'élément téléphonique ne tient pas à son mode de fabrication, mais plutôt à l'insuffisance des matières actives, eu égard au débit que comporte cette application.

Influence de la quantité de manganèse et de son état de division sur le débit des piles Leclanché.

Les expériences qui suivent permettront de se rendre compte de l'influence de la quantité de matière dépolarisante et de son état de division sur le débit des piles Leclanché. Elles ont été effectuées sur des éléments que M. Clérac, directeur ingénieur, a bien voulu faire fabriquer dans ce but aux ateliers de l'administration.

Ces éléments sont tous à vase poreux, mais de différentes dimensions. Ils forment trois séries; dans la première, le mélange dépolarisant a été prélevé sur le tas servant à la fabrication industrielle, c'est-à-dire que le manganèse et le charbon ont été dosés par grandes quantités et mélangés à la pelle; dans la seconde, le mélange a été fait à la main après le pesage exact des deux composants; dans la troisième, les mêmes soins ont été apportés, mais, de plus, les matières ont été réduites en poudre; cette poudre est d'ailleurs plutôt grossière que fine et contient encore une notable proportion de grains ayant échappé au pilon. Dans tous ces mélanges, il y a, comme l'a indiqué Leclanché, deux parties en poids de manganèse et une partie de charbon. Il n'a pas paru indispensable de figurer par des courbes spéciales le débit de ces éléments. Le tableau ci-dessous indiquant le temps au bout duquel l'intensité est tombée à la moitié, au tiers et au quart de la valeur initiale *du plus grand élément*, permet de se rendre compte de leurs valeurs respectives.

ÉLÉMENTS A VASE POREUX
suivant la formule Leclanché

	Manganèse. 2.212gr Charbon . . 1.106 Total. . 3.318gr			Manganèse. 1.067gr Charbon . . 533 Total. . 1.600gr			Manganèse. 800gr Charbon . . 400 Total. . 1.200gr			Manganèse. . 467gr Charbon . . . 233 Total. . . 700gr			Manganèse. . 270gr Charbon . . . 135 Total . . . 405gr			Manganèse. . 164gr Charbon . . . 82 Total. . . 246gr		
Nombre de jours au bout desquels l'intensité est réduite	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pulvérisé	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pulvérisé	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pulvérisé	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pulvérisé	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pu'vérisé	MÉLANGE pris sur le tas	MÉLANGE soigné	MÉLANGE pulvérisé
à la moitié.	85	60	105	35	40	65	5	5	45	4	10	34	2	6	15	1	5	12
au tiers. . .	100	125	150	90	80	90	8	8	65	12	16	37	4	10	21	2	10	14
au quart. .	185	165	165	150	150	105	13	13	90	15	36	50	5	13	24	3	13	17

On voit que le mélange soigné donne généralement un meilleur résultat que le mélange à la pelle, mais que c'est surtout le mélange pulvérulent qui manifeste une supériorité incontestable ; toutefois, cette supériorité est surtout remarquable dans les éléments à faible provision et lorsqu'on ne pousse pas l'épuisement à ses dernières limites ; les écarts sont moins considérables dans les deux premiers groupes que dans les suivants ; les indications fournies par ces deux groupes tendent même à prouver que le mélange pulvérulent a été épuisé alors que le mélange en fragments durait encore.

Ce premier point acquis, les expériences ont été poursuivies exclusivement avec le mélange pulvérulent en vue de déterminer l'influence de la nature du diaphragme, de l'abondance de la solution et des proportions du mélange dépolarisant.

Des éléments furent fabriqués :

1° Avec des vases poreux ordinaires ;

2° Avec des vases en terre très poreuse (pâte magnésienne) gracieusement mis à notre disposition par la société des céramiques industrielles ;

3° Avec des sacs en toile (système Warnon).

Le remplissage a été fait par le procédé ordinaire, en tassant le mélange autant que le permettait la nature du récipient. La compression des matières a, en effet, une importance capitale sur la résistance de la pile et par suite sur son débit ; on a employé comme électrode négative soit un crayon, soit un manchon de zinc ; enfin, on a préparé le mélange dépolarisant en faisant entrer le manganèse et le charbon en proportions diverses.

	Manganèse. . . 1.048gr Charbon . . . . 1.572 Total. . . 2.620gr			Manganèse. . . . 348gr Charbon . . . . . 522 Total. . . . 870gr			Manganèse. . . . 176gr Charbon . . . . . 264 Total. . . . 440gr			Mangan. 250gr Charbon. 250 Total. 500gr		Mangan. 163gr Charbon. 163 Total. 326gr	
	TOILE Manchon Liquide	TOILE crayon liquide	TOILE Manchon Plâtre	POREUX magnésien Manchon Liquide	TOILE Manchon Plâtre	POREUX Manchon Cristaux	TOILE Manchon Liquide	TOILE Manchon Plâtre	POREUX Magnésien Crayon Liquide	POREUX ordinaire Crayon Liquide	POREUX magnésien Crayon Liquide	POREUX ordinaire Crayon Liquide	POREUX magnésien Crayon Liquide
Nombre de jours au bout desquels l'intensité est réduite à la moitié. . .	55	55	51	18	19	15	14	12	12	11	11	7	9
au tiers	81	81	81	22	32	18	19	17	15	20	16	13	12
au quart . . .	94	92	92	28	40	19	21	19	17	13	20	15	13

Le tableau ci-dessus indique la durée de ces éléments.

Si l'on excepte une pile fabriquée d'une manière toute spéciale (*) en vue de rechercher l'influence de la quantité d'eau et qui a eu une allure un peu particulière, on voit que tous les éléments, formés par un même poids du mélange dépolarisant, contenant la même proportion de matières actives, ont fourni un service pratiquement égal: cependant, le débit des piles à diaphragme peu résistant (enveloppe de toile ou pâte magnésienne) a été plus considérable dans la première partie de la période que celui des éléments à vase poreux ordinaire. Le service, fourni par l'élément contenant seulement des cristaux déliquescents, montre nettement que le principe sur lequel sont basées les piles sèches du type Leclanché est bien exact. Le développement plus ou moins considérable de l'électrode de zinc paraît n'avoir pas une grande importance sur l'intensité, au moins dans les limites considérées, il est probable cependant que la forme du zinc n'est pas sans influence sur la bonne utilisation du dépolarisant.

Le tableau ci-après, qui résume la plupart des résultats précédents, permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Le facteur principal du débit des piles fondées sur la réaction Leclanché est la provision de mélange dépolarisant qu'elles contiennent;

(*) Cet élément comprenait un manchon de zinc formant récipient enveloppant étroitement un vase poreux contenant le mélange dépolarisant; dans les interstices situés entre le diaphragme et le zinc on avait coulé un mélange de chlorure de zinc et d'ammonium fondu dans leur eau de cristallisation; ce mélange salin imprégnant le vase poreux suffit à assurer le fonctionnement de la pile.

TABLEAU RÉCAPITULATIF.

	FABRICATION courante Mn 66 p. 100		FABRICATION courante Mn 66 p. 100				MÉLANGE SOIGNÉ fragments grossiers Mn 66 p. 100				MÉLANGE SOIGNÉ pulvérulent Mn 66 p. 100			
	Modèle téléphonique	Modèle télégraphique	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire	Vase poreux ordinaire
Poids du mélange de manganèse et de charbon	320g	260g	3.318g	1.600g	1.200g	700g	3 318g	1 600g	1.200g	700g	3.318g	1.600g	1 200g	700g
Poids du peroxyde seul	213g	173g	2.212g	1.067g	800g	467g	2 212g	1.067g	800g	467g	2.212g	1 067g	800g	467g
Nombre de jours de fermeture sur 10 ohms amenant une chute d'intensité de moitié	1	1	85	35	5	4	60	40	5	10	105	65	45	34
Prix de réfection de l'élément	0fr,87	0fr,70	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Renseignements approximatifs.														
Débit total en ampères-heures	20ah,50	9ah,60	370ah	252ah	66ah	56ah	319ah	260ah	77ah	87ah	393ah	240ah	145ah	88ah
Prix de l'ampère-heure	0f,0424	0f,073	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Débit rapporté à 1 gramme de mélange dépolarisant	0ah,0064	0ah,0037	0ah,111	0ah,158	0ah,055	0ah,080	0ah,096	0ah,161	0ah,060	0ah,124	0ah,119	0ah,150	0ah,121	0ah,126
Débit rapporté à 1 gramme de peroxyde	0ah,0096	0ah,0055	0ah,166	0ah,237	0ah,083	0ah,120	0ah,144	0ah,241	0ah,090	0ah,186	0ah,179	0ah,225	0ah,181	0ah,189
Moyenne	0,0076		0,151				0,165				0,193			

TABLEAU RÉCAPITULATIF (*suite*).

	MÉLANGE soigné pulvérulent 50 p. 100		MÉLANGE SOIGNÉ pulvérulent 40 p. 100			LECLANCHÉ-BARBIER à liquide 50 p. 100 environ			PILES SÈCHES DIVERSES				
	Résultat moyen obtenu avec divers poreux	Résultat moyen obtenu avec divers poreux	Résultat moyen obtenu avec divers diaphragmes	Résultat moyen obtenu avec divers diaphragmes	Résultat moyen obtenu avec divers diaphragmes	Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle	Leclanché sec	G E C	Bloc type D	Bloc type F	Bloc type G
Poids du mélange de manganèse et de charbon	501g	266g	2 620g	870g	440g	1.900g	1.230g	650g	740g	600g	730g	2 300g	5.000g
Poids du peroxyde seul	250g	133g	1.048g	348g	176g	»	»	»	»	»	»	»	»
Nombre de jours de fermeture sur 10 ohms amenant une chute d'intensité de moitié	11	8	51	18,5	13	42	40	10	11	29	6	38	36
Prix de réfection de l'élément	»	»	»	»	»	»	3f,95	2f,35	4f	5f	4f	5f,60	9f
Renseignements approximatifs.													
Débit total en ampères-heures	49ah	28ah	230ah	94ah	51ah	137ah	140ah	63ah,5	102ah	106ah	52ah	231ah	221ah
Prix de l'ampère-heure	»	»	»	»	»	»	0f,028	0f,037	0f,039	0f,047	0f,077	0f,024	0f,044
Débit rapporté à 1 gramme de mélange dépolarisant	0ah,098	0ah,085	0ah,088	0ah,108	0ah,116	0ah,072	0ah,113	0ah,097	0ah,137	0ah,176	0ah,071	0ah,100	0ah,044
Débit rapporté à 1 gramme de peroxyde	0ah,196	0ah,173	0ah,219	0ah,270	0ah,290	»	»	»	»	»	»	»	»
Moyenne	0,184		0,260										

2° Si cette provision est peu abondante, la pile pourra fournir un débit d'autant plus soutenu que le mélange sera plus divisé, pourvu qu'une compression énergique des matières assure une conductibilité suffisante;

3° Les piles à grande provision peuvent fournir une intensité assez soutenue, même lorsque le mélange dépolarisant n'est pas en poudre fine, en raison de la surface étendue qu'il présente encore à l'action chimique, toutefois le débit continu qu'elles peuvent fournir est moins considérable avec un mélange en grains qu'avec des substances pulvérisées;

4° Une grande quantité de liquide n'est nullement nécessaire;

5° La nature du diaphragme n'exerce pas une influence considérable, mais ce diaphragme n'est nullement indispensable; les vases poreux présentent même l'inconvénient, vu leur fragilité, de s'opposer à une compression énergique du mélange dépolarisant;

6° Le mode d'occlusion du liquide actif ne paraît exercer aucune influence sur le rendement de la pile en particulier, le plâtre fournit d'aussi bons résultats que la cellulose (*);

7° Le genre de pile sèche, qui, d'après les bases indiquées plus haut, semble le plus économique, serait le bloc (type F); viendraient ensuite, suivant qu'on envisage le débit total ou la durée de fonctionnement correspondant à l'intensité supérieure à la moitié de la valeur initiale, la pile Leclanché ou l'élément GEC.

Si l'on compare le rendement de ces éléments au

(*) Nous avons vérifié ce fait par plusieurs expériences effectuées avec des éléments identiques sauf en ce qui concernait le véhicule de la liqueur ammoniacale.



point de vue du poids total, l'élément GEC tient la tête, la pile sèche Leclanché vient ensuite et le bloc se range en troisième ligne. Il en est enfin de même si l'on envisage le rapport du débit total ou du débit utilisable au poids du mélange dépolarisant. L'infériorité de la pile bloc par rapport aux deux autres semble provenir d'une pulvérisation incomplète et d'une compression insuffisante de ces matières.

Régénération des produits épuisés.

Réaction de la pile. — La réaction de la pile Leclanché est mal définie et semble n'être pas la même dans tous les cas. Les sels, qui peuvent prendre naissance dans le montage ou pendant le fonctionnement, sont, en effet, fort nombreux, ils appartiennent à trois classes :

Chlorures doubles de zinc et d'ammonium :

$$m\,ZnCl,\ m'\,AzH^4Cl.$$

Chlorures de zinc ammoniacaux :

$$n\,ZnCl,\ n'\,AzH^3.$$

Oxychlorures ammoniacaux :

$$p\,ZnCl,\ p'\,AzH^3,\ p''\,ZnO,\ p'''\,AO.$$

Tous ces composés peuvent se transformer les uns dans les autres suivant la température, l'état de dilution des liqueurs, la prédominance du zinc ou de l'ammoniaque et probablement aussi suivant la densité des courants électriques qui les traversent. Il en résulte qu'il est assez difficile de préciser la nature exacte des produits d'une pile lorsqu'ils existent à l'état de solution, puisqu'il suffit d'étendre ou de concentrer celle-ci pour faire varier la composition des corps qu'elle

contient. Le seul dont la formation soit bien certaine est le chlorure zinc ammonium AzH^3ZnCl; ce sel constitue en effet les beaux cristaux prismatiques qui se déposent sur l'électrode de zinc et qui sont si nuisibles à l'action de la pile.

L'eau le décompose partiellement et forme ainsi des oxychlorures reconnaissables à l'aspect laiteux qu'ils donnent à la liqueur; il est peu soluble dans le chlorhydrate d'ammoniaque froid, il se dissout un peu mieux en présence du chlorure de zinc, c'est ce qui explique l'action favorable de ce dernier dans la pile; enfin, ce corps est soluble dans l'acide chlorhydrique étendu, soit qu'il régénère ainsi le chlorure de zinc et le chlorure d'ammonium, soit plutôt qu'il forme le sel double.

L'abondance du chlorure de zinc-ammonium dans les piles épuisées et la très faible production de gaz dans les éléments en activité, tendent à prouver que les deux réactions classiques de la pile Leclanché

$$AzH^4Cl + Zn + O = ZnCl + HO + AzH^3,$$
$$AzH^4Cl + Zn + 4O = ZnCl + 4HO + Az,$$

ne représentent pas les faits et qu'elles doivent être remplacées par la suivante :

$$AzH^4Cl + Zn + O = AzH^3, ZnCl + HO.$$

Il est possible que, par la suite, des conditions de température, de concentration ou même l'action du courant aient pour résultat de dissocier une partie du sel ammoniacal formé avec dégagement d'ammoniaque et que plusieurs équilibres chimiques différents soient réalisables, suivant les conditions physiques. Quoi qu'il en soit, la liqueur d'une pile ayant longtemps



fonctionné contient des cristaux de chlorure de zinc ammonium et présente une forte réaction alcaline; on peut dissoudre ces cristaux et ramener le liquide à l'état neutre en ajoutant une quantité convenable d'acide chlorhydrique; par conséquent, il est permis de concevoir le remploi presque indéfini de la liqueur ammoniacale, puisque la présence des sels de zinc est plutôt favorable que nuisible.

Revivification du manganèse. — On a vu précédemment que lorsque le manganèse est en fragments grossiers, la couche superficielle seule est utilisable dans la pile. Les résidus du corps sous cette forme peuvent être employés à nouveau après un traitement ayant pour objet de faire disparaître la gaîne de sesquioxyde qui s'oppose à la réduction des couches sous-jacentes. A cet effet, le mélange épuisé est lavé à l'eau, puis traité par l'acide sulfurique étendu, qui dissout le sesquioxyde sans attaquer la pyrolusite; après un nouveau lavage et une dessiccation à l'air, la matière peut être utilisée à nouveau; on l'associe généralement, dans une certaine proportion, avec du manganèse vierge et les éléments montés avec ce mélange ne se distinguent pas sensiblement de ceux qui sont préparés avec des produits neufs.

Il faut remarquer cependant que cette opération n'est nullement une régénération du peroxyde; elle prouverait seulement, si les expériences décrites plus haut pouvaient laisser quelque doute, que, sous la forme en grains, le manganèse ne fournit pas dans les piles tout l'oxygène qu'il pourrait céder s'il était pulvérisé (*). Mieux vaut donc l'employer immédiatement

(*) Le mélange d'un élément complètement épuisé peut, après pulvéri-

sous cette dernière forme qu'avoir recours par la suite au traitement par l'acide sulfurique. Il est clair qu'après épuisement complet de la pyrolusite en poudre, le lavage à l'acide ne produira aucun effet; il n'y aurait donc, dans ce cas, qu'à abandonner totalement les vases poreux retirés du service, les matériaux utilisables qu'ils contiennent ne présentant pas la valeur de la main-d'œuvre et du transport que leur emploi à nouveau comporterait.

Cependant, s'il s'agit d'éléments lourds et peu encombrants, dans lesquels le récipient et les accessoires peuvent servir plusieurs fois, on peut se demander s'il serait possible de régénérer le mélange dépolarisant qu'ils contiennent, même en cas de réduction totale. L'industrie met à profit plusieurs méthodes pour remployer presque indéfiniment le manganèse dans la préparation du chlore; il est donc probable, *a priori*, qu'on pourrait trouver une solution semblable applicable aux produits des piles.

M. Maiche a indiqué autrefois une méthode électrique, non point pour agir sur les résidus, mais pour revivifier la pile Leclanché montée en batterie. Elle consiste à traiter cette pile comme un véritable accumulateur et à faire produire à un courant, fourni par une dynamo, des réactions inverses à celles qui se produisent dans la pile fonctionnant naturellement. Si les deux réactions successives étaient rigoureusement réciproques, si l'on parvenait à déposer du zinc compact sur l'électrode négative, l'opération serait réellement avantageuse et la transformation ne comporterait d'autre perte que celle qui correspond au dégage-

sation, fournir un service équivalent à la moitié de celui qu'il avait donné dans la première période.

ment de chaleur dans les résistances traversées par le courant. Mais cette réciprocité n'a pas lieu : le zinc d'une pile épuisée est généralement corrodé, couvert d'une couche de matières spongieuses peu conductrices, et dont l'état dépend souvent de conditions accessoires; l'électrolyse ne peut pas régénérer les produits sous leur aspect physique antérieur et ne reconstitue pas en définitive l'élément primitif. Il n'est cependant pas impossible de rendre à une pile du genre Leclanché une partie de l'énergie qu'elle a dépensée, mais on ne peut pas considérer ce procédé comme une méthode industrielle. Les progrès réalisés dans l'électrochimie permettent néanmoins d'espérer qu'on pourrait revivifier électriquement le mélange dépolarisant des piles si cette réaction présentait un intérêt réel.

Particularité présentée par les piles. Blocs de fabrication ancienne. — Nous avons constaté une anomalie particulière dans des piles ayant fourni déjà un service d'une certaine durée. Ces piles fermées sur une faible résistance donnent un courant qui baisse rapidement pendant les premières minutes de la fermeture, puis remonte, rapidement d'abord, plus lentement ensuite et atteint au bout d'un certain temps, une demi-heure, par exemple, un maximum auquel elle se maintient pendant une durée plus ou moins considérable pour décroître ensuite suivant la loi indiquée par les courbes de la Pl. III.

Pour fixer les idées, disons qu'une pile fermée sur 2 ohms a donné au début 14 centiampères, au bout de 3′, 12 centiampères (minimum); à la 4e minute, l'intensité était revenue à 14 centiampères, elle atteignait 20 centiampères à la 18e minute, 18 au bout

d'une demi-heure et enfin 33 après 3 heures, valeur maximum à partir de laquelle elle décroissait de nouveau lentement.

Ce phénomène doit être attribué à la formation de dépôts salins peu conducteurs au voisinage des parties actives; le passage du courant ayant vraisemblablement pour effet de les détruire ou de les amener à un état tel qu'ils présentent une résistance moindre que sous la forme antérieure. C'est, pour ainsi dire, une polarisation dans l'inaction, contraire par conséquent à la polarisation classique observée pendant la fermeture du circuit. Cette particularité appelle l'attention sur l'inconvénient qu'il peut y avoir à construire des éléments trop volumineux destinés à fournir un très long service; il n'est pas prouvé à l'heure actuelle que de pareils éléments fourniront un débit utile proportionnel à leur poids, surtout si le circuit n'est fermé qu'à des intervalles irréguliers séparés par des périodes de repos.

Conclusions. — Les piles genre Leclanché à vase poreux ne conviennent pas pour les usages qui exigent la production d'un courant énergique soutenu pendant une durée appréciable.

Les modèles comportant soit un vase poreux de grande capacité, soit un aggloméré un peu lourd se prêtent mieux à ces circonstances; le courant ne demeure pas constant, mais il baisse très lentement. La durée pratique de ces éléments dépend de l'abondance du mélange dépolarisant.

Les vases poreux ne sont pas indispensables; comme, d'autre part, ils se prêtent difficilement à une compression énergique du manganèse et du charbon, ils s'op-

posent à ce qu'on tire de ce mélange tout le parti qu'il comporte.

Une quantité abondante de solution n'est pas nécessaire, l'addition de chlorure de zinc au sel excitateur évite la formation de cristaux de chlorure de zinc-ammonium et par suite régularise le débit.

La pulvérisation du mélange dépolarisant conduit à un rendement plus élevé, pourvu que la conductibilité soit assurée par une compression suffisante. La réduction en poudre est d'autant plus nécessaire qu'on se propose de faire travailler le mélange dépolarisant à un coefficient plus élevé; elle n'est pas indispensable dans le cas contraire.

Les piles sèches peuvent remplacer les piles à liquide dans toutes leurs applications. Elles présentent sur celles-ci l'avantage de n'exiger aucun entretien et d'être plus facilement transportables. La provision de matières dépolarisantes doit, dans ce cas encore, être en rapport avec l'intensité et la durée du débit demandé, sans qu'il soit bon d'exagérer la dimension des éléments; une réserve trop abondante pouvant, après une certaine durée de fonctionnement de l'élément, devenir plus difficilement utilisable. En particulier, il semble qu'il est inutile d'employer des éléments bloc pesant 8^{kg},600 pour actionner des microphones, puisqu'un élément pesant 5 kilogrammes seulement peut fournir un débit continu suffisant pendant plus de 500 heures. Il est surabondamment démontré que des éléments à vase poreux contenant seulement 300 grammes sont insuffisants, mais on paraît donner dans l'excès contraire, en les remplaçant par des blocs qui en contiennent 5 kilogrammes.

J. VOISENAT.

LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE

DANS LES LOCALITÉS SECONDAIRES

(Bureaux municipaux et autres)

ÉTUDE D'ENSEMBLE DES DISPOSITIONS GÉNÉRALES APPLICABLES A CES INSTALLATIONS

En vue de donner satisfaction dans les conditions les plus économiques, aux localités secondaires, qui manifestent le désir d'adjoindre un service téléphonique au service télégraphique dont elles disposent déjà, ou inversement, l'Administration procède, quand les circonstances le permettent, à des installations du système de l'alternat ou à des applications d'un système de télégraphie et téléphonie simultanées.

Aujourd'hui que la diffusion toujours croissante des services tend à multiplier les applications, il a paru qu'il serait très utile de préciser et de résumer les règles concernant chaque solution ; et de montrer en même temps que les divers cas particuliers se ramènent à un très petit nombre de solutions.

Cette étude d'ensemble des conditions les plus économiques, auxquelles les localités d'ordre secondaire peuvent être dotées d'un service téléphonique, doit porter à la fois sur les lignes et sur les postes. On entend par ligne les circuits interurbains qui doivent

relier ces centraux secondaires aux réseaux voisins plus importants : l'installation du service téléphonique dans ces localités n'est d'ailleurs justifiée la plupart du temps qu'en vue des communications interurbaines.

Si nous laissons de côté les conditions techniques d'établissement des fils, la plus grande économie que l'on puisse réaliser sur les *lignes* consiste dans l'utilisation simultanée de ces lignes pour le télégraphe et pour le téléphone. Les conditions d'installation *des postes* découleront des décisions prises en ce qui concerne les fils qui doivent constituer la partie principale des circuits électriques.

Nous allons passer en revue tous les cas qui peuvent se présenter, après les avoir méthodiquement classés en prenant pour base le cas général, que l'on rencontre dans le plus grand nombre d'installations de postes secondaires télégraphiques, celui de trois postes desservis en dérivation par le même circuit électrique.

Deux postes secondaires A et B sont reliés, par deux branchements O A et O B d'un circuit principal O C, à un poste plus important C qui est leur centre de dépôt.

I

A est doté des deux services télégraphique et téléphonique ; mais B n'a que le télégraphe.	en A : système simultané.	circuit au simple fil.	1
		id. au double fil.	2
	en A : système de l'alternat	circuit au simple fil.	3
		id. au double fil.	4

II

En A : services télégraphique et téléphonique ; en B : service téléphonique seul	en A : simultané. . .	circuit au simple fil.	5
		id. au double fil.	6
	en A : alternat. . . .	circuit au simple fil.	7
		id. au double fil.	8

III			
En A et en B; services télégraphique et téléphonique......	en A et en B simultané.........	circuit au simple fil.	9
		id. au double fil.	10
	en A : alternat. et en B : simultané....	circuit au simple fil.	11
		id. au double fil.	12
	en A et en B : alternat.........	circuit au simple fil.	13
		id. au double fil.	14
IV			
Cas particulier d'un *seul* poste A sur le circuit de C.........	alternat........	circuit au simple fil.	15
		id. au double fil.	16
	simultané......	circuit au simple fil.	17
		id. au double fil.	18
V			
En A et en B : service téléphonique seul.............	circuit au simple fil..............		19
	circuit au double fil..............		20

I. Un seul des deux postes secondaires, A, est doté des deux services télégraphique et téléphonique, le second, B, ne possédant que le télégraphe.

Système simultané. — Supposons qu'il s'agisse d'organiser les deux services en A, et à fortiori dans le poste principal C, de façon qu'ils puissent fonctionner *simultanément* et indépendamment l'un de l'autre.

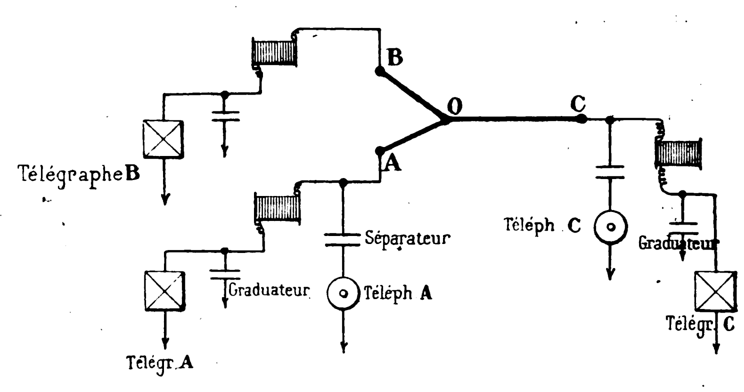
Dans cette subdivision, deux cas peuvent se présenter suivant que les lignes seront au simple ou au double fil. Ce sont les deux cas portés au tableau précédent sous les n°s 1 et 2 et qui sont représentés par les figures de mêmes numéros.

Installation n° 1. — L'installation 1 ne peut guère être réalisée, du moins en l'état actuel et en ce qui concerne la simultanéité des deux services, que par le procédé *Van Rysselberghe.* Cette solution suppose en outre que le circuit A B O C ne se trouve, en aucun de ses points, influencé par d'autres circuits voisins.

Indépendamment des postes télégraphique et

téléphonique, elle comporte l'adjonction de deux dispositifs *Van Rysselberghe* complets en A et en C; et, en B, une bobine et un condensateur graduateurs destinés à étouffer les courants télégraphiques émis par B.

De plus, les postes téléphoniques étant séparés de la ligne par des condensateurs, il convient de prévoir un dispositif spécial d'appel pour chaque poste A et C, tel que l'appel phonique que l'on retrouve d'habitude dans les dispositifs *Van Rysselberghe*.



Installation n° 1.

On arriverait peut-être au même résultat, d'une façon plus économique, en employant des appels magnétiques qui actionneraient des électros standard ordinaires. Cette solution n'a pas encore reçu la sanction de la pratique; quoique beaucoup plus simple que l'appel phonique, elle perd de son intérêt si l'on observe, comme nous le montrerons plus loin, que l'installation n° 1, qui nous occupe, ne sera presque jamais adoptée.

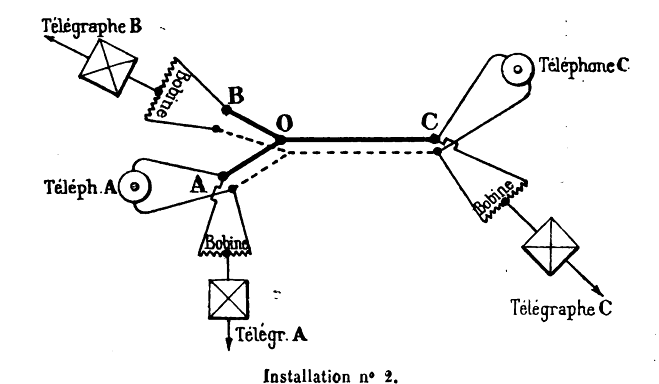
En résumé cette installation n° 1 comporte l'ad-

jonction dans l'ensemble des trois postes A, B et C, de :

3 bobines de self-induction
3 condensateurs graduateurs
2 condensateurs séparateurs
2 appels phoniques complets

et l'augmentation des piles par suite de l'addition des résistances des bobines de self-induction.

Installation n° 2. — Il est très rare qu'un circuit tel que A B O C puisse être entièrement soustrait aux effets de l'induction des circuits voisins, sans être lui-



Installation n° 2.

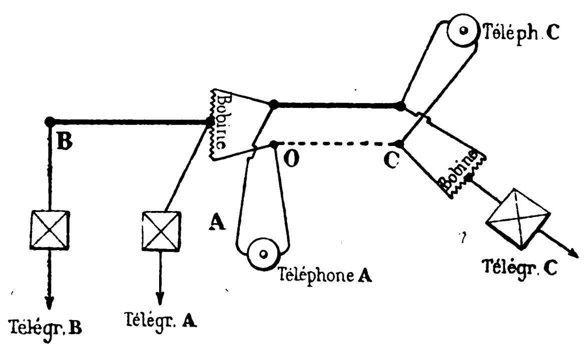
même bifilaire, c'est-à-dire constitué au double fil sur tout son parcours.

D'autre part, si l'on évalue les appareils accessoires, que nous avons énumérés ci-dessus pour la réalisation du dispositif n° 1, on voit que, dans le plus grand nombre de cas, il sera plus avantageux d'adopter une solution telle que l'installation représentée par la *fig.* 2, bien qu'elle comporte le doublement des fils de ligne, car ces lignes sont ordinairement très courtes ;

et, d'ailleurs, si elles ne l'étaient pas, la première condition nécessaire, relative à l'anti-induction, ne serait pas remplie.

Le dispositif représenté par la figure 2 *n'amène aucun changement dans le montage des postes télégraphiques et téléphoniques, ni dans leurs modes d'appel, ni dans leur fonctionnement* (*).

Il ne demande que l'adjonction dans chaque poste



Installation n° 2bis.]

d'une bobine spéciale montée comme l'indique le schéma. On remarquera que la bobine B, bien que le poste B n'ait pas de téléphone, est utile pour empêcher que les ondes phoniques de A ou de C ne se perdent dans la dérivation O B.

On pourrait aussi trouver superflu le doublement de la partie O B, et dire que la bobine aurait pu être installée en O au lieu de l'être dans le bureau B. Mais en général la bifurcation O se trouve en pleine ligne sur un appui extérieur où l'on ne saurait installer et aban-

(*) C'est une application du système de télégraphie et de téléphonie simultanées décrit dans les *Annales télégraphiques* de juillet-août 1889 et de janvier-février 1894.

donner une bobine sans surveillance. Si, au contraire, la bifurcation O se trouve près et à la portée de A — et c'est le cas lorsque A se trouve sur le parcours de la ligne — on peut se dispenser de doubler la branche O B, et on réalise la disposition n° 2 bis, qui n'est qu'un cas particulier de la précédente.

En résumé, il suffira de prévoir, pour l'ensemble des trois postes, trois bobines spéciales pour la solution n° 2, et deux seulement pour le cas particulier n° 2 bis.

Il conviendra dans tous les cas de calculer de nouveau le nombre d'éléments de pile convenables pour le service télégraphique. Malgré les résistances des bobines additionnelles, ce nombre ne sera généralement pas augmenté sensiblement parce que les résistances des branches extérieures seront diminuées de moitié, ainsi que les résistances de compensation, même après l'adjonction des bobines du système simultané.

Système de l'alternat. (n°s 3 et 4). — Le système de l'alternat, qui consiste à donner l'usage de la ligne à tour de rôle au service télégraphique et au service téléphonique, ne présente qu'un seul avantage: celui d'éviter les appropriations des postes A, B et C qu'exigent les systèmes simultanés.

Dans le cas des lignes au simple fil (N° 3) cette économie serait appréciable; mais ce cas est très rare, comme nous l'avons vu, car il est très rare qu'un circuit tel que A O B C puisse être utilisé par le service téléphonique en demeurant unifilaire.

Si nous supposons au contraire qu'il ait été nécessaire de doubler les fils, comme cela a lieu généralement (n° 4 du tableau), l'économie des trois bobines

qui suffiraient au système simultané, est minime d'une façon absolue; elle se trouve même négligeable par rapport aux dépenses du doublement des fils, qui sont inférieures elles-mêmes à celles de l'application du procédé *Van Rysselberghe* ; de telle sorte que le doublement des fils de ligne, alors qu'il ne serait pas nécessaire pour l'anti-induction, est généralement justifiée par des raisons d'économie d'installation.

D'ailleurs, dans les deux cas, on n'évite pas complètement l'introduction d'appareils spéciaux dans l'un des postes B; car si ce poste n'a pas de service téléphonique, encore faut-il qu'il soit organisé de façon à ne pas gêner par des courts circuits partiels les conversations des deux autres ; de là la nécessité d'installer en B une bobine de self-induction à l'entrée de la ligne.

Il devra en outre posséder le moyen d'écouter si les deux autres postes occupent téléphoniquement la ligne avant de la prendre lui-même pour télégraphier; de là l'adjonction en B d'un récepteur téléphonique. Mais cet appareil ne lui donnera que des renseignements incomplets, ou pourra l'exposer à envoyer intempestivement des courants télégraphiques pendant des instants de silence momentané des deux correspondants.

Dans les deux cas enfin, les deux services, alors même qu'ils seraient très peu actifs, se gêneraient mutuellement; il est déjà difficile d'assurer le fonctionnement régulier des trois postes télégraphiques sur un même circuit, l'addition des deux nouveaux postes téléphoniques, qui ne seraient pas indépendants des premiers, rendraient impraticable le fonctionnement de l'ensemble.

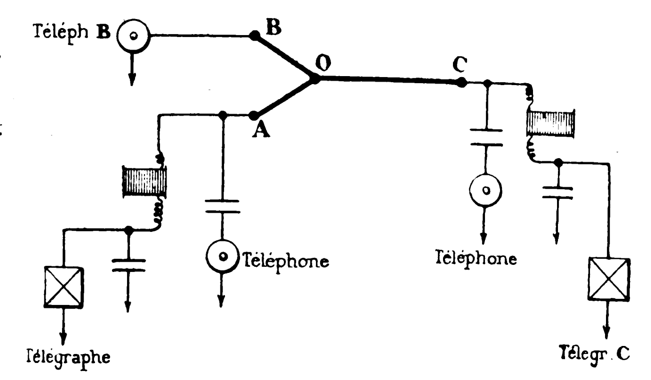
L'alternat ne serait admissible que dans le cas par-

ticulier où le poste A serait seul sur le circuit, B ne devant jamais exister; mais alors on retombe sur les nos 15 et 16 du tableau dont nous reparlerons plus loin.

Pour ces raisons, nous laisserons de côté les nos 3 et 4 que nous supposerons biffés du tableau.

II. Un seul des postes secondaires, A, est doté des deux services; l'autre, B, ne possède que le téléphone.

Simultané avec le simple fil (*n°* 5). — Si les circonstances permettent de supposer que le doublement des fils ne sera pas nécessaire pour combattre les effets de l'induction des circuits voisins, on se voit encore obligé, comme pour le cas n° 1, de recourir au sys-



Installation n° 5.

tème *Van Rysselberghe*, et la *fig.* 5 en montre l'application au cas qui nous occupe.

C'est la disposition du n° 1 dans laquelle le télégraphe de B serait remplacé par un poste téléphonique. Ici, le téléphone étant seul sur la branche OB, il ne serait pas nécessaire de le relier à OB par un conden-

sateur; il suffirait de prévoir, s'il y a lieu, l'intercalation d'une bobine de résistance sans self induction pour égaliser les deux branches OA et OB comme on le fait avec le télégraphe.

Mais ce dispositif ne résout pas la question des appels des postes téléphoniques : B pourrait être muni d'un électro polarisé pour recevoir les appels de C; mais alors C serait exposé à interrompre son service télégraphique en manœuvrant le manipulateur d'appel. Pour appeler à son tour, B devrait employer les courants alternatifs tels que ceux d'une magnéto, mais ces courants rappelleraient intempestivement le téléphone A dont le récepteur d'appel disposé pour courants alternatifs ne saurait être polarisé.

Ces objections, qui ne sont pas les seules, pourraient sans doute être résolues, mais au moyen de complications qui suffisent à elles seules pour montrer que le projet n° 5 est *pratiquement* inacceptable en vue d'installations telles que celles qui nous occupent et qui doivent être essentiellement simples.

Le seul moyen pratique de résoudre ces difficultés serait de supprimer totalement les appareils télégraphiques de A et de C, et de faire faire le service *télégraphique* en A et en C par le téléphone. Mais alors nous retombons dans le n° 19 du tableau que nous examinerons plus loin.

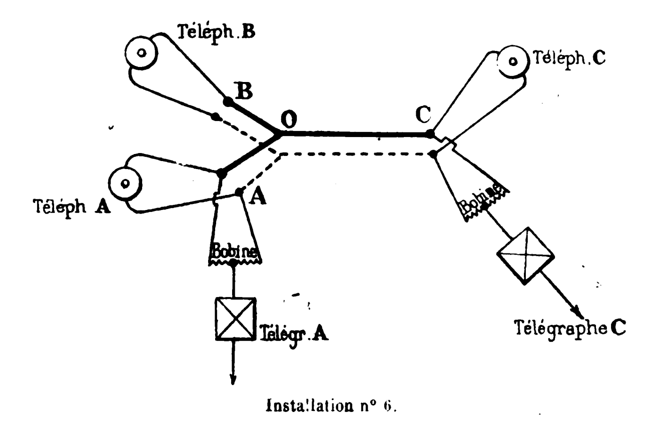
Nous écarterons donc le cas n° 5, comme nous l'avons fait pour les n°s 3 et 4.

Simultané avec le double fil (*n*° 6). — Les difficultés, que nous venons de voir, ne se rencontrent plus lorsque les lignes sont au double fil.

La *fig.* 6 indique le montage théorique pour ce cas.

Elle dérive directement de la figure plus générale n° 10 dans laquelle on aurait supprimé en B le télégraphe ainsi que la bobine qui sert à le greffer sur le circuit.

Les postes téléphoniques pour être rappelés seront munis d'électros polarisés, par exemple de rappels par inversion du modèle télégraphique. Mais ceux-ci pourront être avantageusement remplacés par des élec-



Installation n° 6.

tros standard *polarisés*, c'est-à-dire dans lesquels les noyaux de fer doux sont remplacés par des tiges d'acier aimantées.

Indépendamment du doublement des fils extérieurs, la solution n° 6 n'exige que l'adjonction en A et C d'une bobine spéciale.

Système de l'alternat (*n*os *7 et 8*). — Le système de l'alternat soit au simple, soit au double fil, doit être écarté pour la plupart des raisons qui ont été déjà invoquées à propos des cas nos 3 et 4. Le cas n° 7 seul pourrait être examiné, lorsque le simple fil serait lui-

même admissible; mais les conditions qu'exige le simple fil sont très rarement remplies. En toute hypothèse, on y rencontrerait les inconvénients qui consistent à faire desservir 5 postes (2 télégraphiques et 3 téléphoniques) par le même circuit.

Ces mêmes inconvénients graves se présentent avec le double fil; mais alors, l'économie de 2 bobines seules nécessaires pour réaliser le système simultané, est tellement insignifiante qu'il n'y a pas lieu de s'arrêter plus longtemps à l'examen du cas n° 8.

Comme conclusion, les cas particuliers nos 7 et 8 ne méritent pas de recevoir une application pratique.

III. Les deux postes A et B sont dotés des deux services télégraphique et téléphonique.

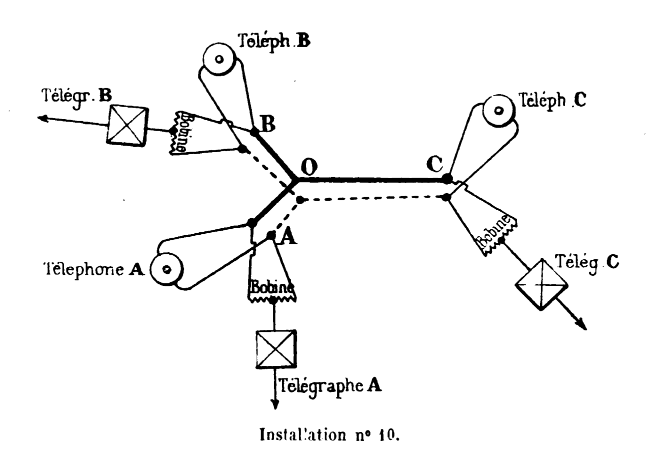
Simultané au simple fil (*n*° 9). — Si l'on voulait installer les deux services dans les deux postes en conservant le simple fil, on serait amené à adopter une solution dont le schéma ne serait autre que celui du n° 5 dans lequel on ajouterait en B les mêmes dispositifs que l'on voit en A. Mais, sans y insister davantage, il est facile de voir que les mêmes difficultés signalées à propos du n° 5, et, en particulier, les difficultés relatives à l'appel des postes téléphoniques, rendent cette solution encore plus impraticable que celle du n° 5.

Nous écarterons donc le cas n° 9.

Simultané au double fil (*n*° 10). — La solution de ce cas est représentée par le croquis n° 10. C'est la *solution générale de l'installation en simultané, au*

double fil; elle comprend, comme cas particuliers, les nos 2 et 6.

Le matériel nécessaire se borne à trois bobines du système, une pour chacun des postes A, B, C.



Installation n° 10.

Les postes télégraphiques, ainsi que les postes téléphoniques, conservent leur montage habituel, *sans aucun changement ni dans les appareils eux-mêmes ni dans les accessoires d'appel.*

Ainsi, les postes télégraphiques A et B comporteront leurs rappels par inversion ordinaire, et C son commutateur inverseur.

Les postes téléphoniques seront rappelés de la même façon, avec cette seule différence que les électros polarisés seront montés dans un circuit métallique, alors que les rappels télégraphiques prendront terre comme tous les appareils du même poste télégraphique.

Ainsi que je l'ai indiqué à propos du n° 6, les électros polarisés pour les postes téléphoniques devront être de préférence et pour plus de simplicité des annon-

ciateurs téléphoniques ordinaires à noyaux d'acier aimanté.

Alternat (*n*os 11, 12, 13 *et* 14). — Comme précédemment et pour les mêmes raisons, nous ne nous arrêterons pas aux combinaisons dans lesquelles entre le système de l'alternat : la complication, qui résulte pour l'exploitation de l'addition de 2 ou 3 postes téléphoniques sur un circuit desservant déjà 3 postes télégraphiques est loin d'être compensés par l'économie des frais d'installation d'un système simultané.

Nous laisserons donc de côté les cas nos 11, 12, 13 et 14.

IV. Cas particulier d'un seul poste secondaire A relié au bureau principal C.

Système de l'alternat (*n*os 15 *et* 16). — C'est le seul cas (celui d'un seul bureau secondaire) où le système de l'alternat serait applicable. Et encore conviendrait-il d'examiner, dans chaque application, s'il ne serait pas préférable de faire purement et simplement le service télégraphique par le téléphone lui-même.

Il y a lieu de croire que, d'une façon générale, ce serait la solution la plus avantageuse ; mais alors nous rentrons dans les nos 19 et 20 ci-après, ou dans des cas particuliers de ces numéros.

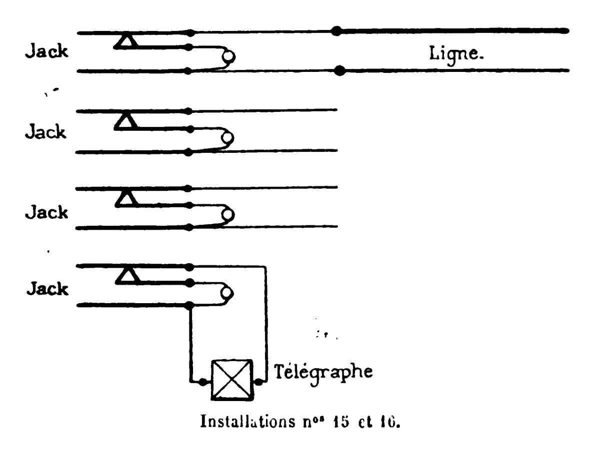
L'alternat, qui nous occupe, peut être monté au simple ou au double fil, selon que l'on aura choisi l'un ou l'autre pour la ligne.

L'installation de l'alternat avec le double fil semble peu logique, car, avec le double fil, l'installation du simultané n'exige qu'un supplément inappréciable de

dépenses et réalise l'indépendance des deux services.

Néanmoins j'ai supposé sur le schéma n°s 15 et 16 qu'il s'agissait du double fil parce que tous les appareils téléphoniques sont actuellement bifilaires : on aurait le montage unifilaire en remplaçant les fils de retour par les terres des bureaux.

Le croquis 15-16 ne représente qu'un seul des postes extrêmes parce que l'installation doit être la même aux deux extrémités du circuit.



Installations n°s 15 et 16.

On voit figurer sur la gauche un certain nombre de jacks, avec leurs annonciateurs, d'un tableau téléphonique pour bureau central. Le jack supérieur est celui qui dessert la ligne interurbaine, les deux autres sont des jacks du réseau local. Enfin, il suffira de réserver dans ce tableau un jack sur lequel sera monté le télégraphe ; ce jack n'aura même pas besoin d'annonciateur si l'appareil télégraphique est à portée du commutateur, les appels du télégraphe se reconnaîtront à l'indicatif; et pour le mettre en ligne il suffira de relier les deux jacks par un des cordons.

En somme, nous venons de voir que si la ligne a dû être constituée au double fil, l'alternat ne sera pas une solution avantageuse puisqu'avec une dépense presque insignifiante, relative à l'achat de deux bobines, il serait facile de superposer le télégraphe au téléphone tout en les maintenant indépendants ; nous avons fait remarquer, en outre, que le service télégraphique d'un bureau secondaire pourrait être assuré par les appareils téléphoniques eux-mêmes, et à plus forte raison si les deux postes considérés sont reliés par une ligne unifilaire, car cette condition suppose qu'ils se trouvent éloignés de toute ligne télégraphique et que l'importance de cette exploitation est moins que secondaire.

Par suite nous écarterons les n[os] 15 et 16.

Simultané (n[os] 17 et 18). — Avec le simple fil, pour réaliser un système simultané nous devons recourir au procédé *Van Rysselberghe* pris dans son application ordinaire et la plus simple.

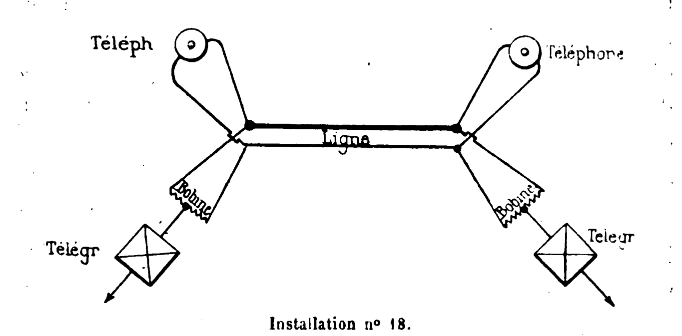
Mais nous sommes obligés de supposer que le téléphone pourra fonctionner avec le simple fil, hypothèse très rarement réalisée surtout lorsqu'il s'agit d'une ligne un peu longue.

Si, au contraire, la ligne est courte, le doublement du conducteur et l'application du système simultané sur les deux fils en quantité sera généralement beaucoup plus économique que l'achat et l'installation du dispositif *Van Rysselberghe*.

Avec le double fil, nous arrivons à la solution n° 18 qui représente le cas le plus simple du système simultané, et que nous pouvons considérer aussi comme un cas particulier du n° 10. Elle n'exige que l'adjonction

de deux bobines, les deux postes téléphoniques pouvant d'ailleurs être rappelés avec les annonciateurs ordinaires, non polarisés.

En résumé, si nous considérons les solutions que nous avons admises, nous voyons que les circonstances sont rares où les circuits unifilaires pourront être conservés pour le service téléphonique : la plupart du temps il faudra doubler les conducteurs pour



Installation n° 18.

annihiler les effets d'induction des fils voisins ; et dans presque tous les autres cas le système *Van Rysselberghe* sera plus dispendieux que le doublement des fils avec l'application du système simultané que nous avons indiqué.

V. Il reste à examiner, pour en dégager des enseignements et compléter ce que nous avons dit sur l'installation téléphonique elle-même, **le cas où les deux postes secondaires A et B, et par suite le poste principal C monté sur le même circuit, ne comportent que des appareils téléphoniques.**

Les installations intérieures seront les mêmes, que les lignes extérieures soient unifilaires ou bifilaires.

Le schéma du montage intérieur des postes sera

celui de l'installation téléphonique ordinaire. Il suffira de noter que les appels des bureaux A et B se feront soit avec le courant positif, soit avec le courant négatif actionnant des électros de polarité différente par rapport au sens du courant sur la ligne. A cet égard, nous avons déjà vu qu'au lieu de prendre des rappels par inversion, du modèle télégraphique, il y aurait avantage à employer des électros téléphoniques, tels que les annonciateurs standard, dans lesquels les noyaux de fer doux seraient remplacés par des noyaux d'acier convenablement aimantés. Au repos, l'armature de ces électros est maintenue attirée ; le courant d'appel, contrariant la polarité de l'aimant permanent, permet à l'armature de se redresser et de laisser tomber le volet de l'annonciateur. Ces électros qui doivent pouvoir être actionnés, le cas échéant, par des courants variables, auront une self-induction aussi faible que possible, et, par suite, seront de petit volume et de masses magnétiques faibles.

D'une façon générale les tableaux téléphoniques devront être d'un système permettant de donner les communications au moyen de cordons indépendants; tels sont en première ligne les appareils standard, puis les appareils Sieur et ceux de la Société des téléphones, etc...

Cette condition de l'indépendance des cordons, ou plus généralement de l'indépendance des organes de liaison quelconques, nous paraît absolument nécessaire si l'on veut prévenir, dans la plus large mesure possible, les dérangements des postes secondaires, et les déplacements fréquents et onéreux des mécaniciens.

Avec un certain nombre de cordons disponibles et de rechange, il n'y aura pas à craindre qu'un dérangement

de l'un quelconque de ces organes de connexion, puisqu'ils sont indépendants, ne vienne interrompre le service en totalité ou en partie, comme cela se produit dans les appareils dits monocordes grâce auxquels le mécanicien ou un autre sous-agent tend à devenir le maître de l'exploitation.

Quel que soit le modèle d'appareil adopté, il importe de remarquer que les appareils téléphoniques pourront servir aussi bien à faire le service télégraphique qu'à donner des communications téléphoniques des abonnés ou des cabines. Lorsqu'il y aura à transmettre un télégramme il suffira de relier entre eux les deux employés intéressés, de la même façon qu'on aurait relié deux postes téléphoniques quelconques; le service télégraphique peut, on le sait, se faire par le téléphone d'une façon d'autant plus sûre et rapide que cet appareil n'exige aucune éducation spéciale de la part des gérants de bureaux secondaires.

A notre avis cette solution présente un certain caractère de généralité. Elle mériterait d'être sérieusement examinée toutes les fois que le service téléphonique est projeté pour les localités secondaires qui nous occupent; et il n'y aurait lieu de superposer les transmissions télégraphiques aux communications téléphoniques que dans le cas où le service serait assez chargé pour exposer les unes ou les autres à des attentes prolongées.

Si nous récapitulons les divers cas que nous venons de passer en revue, nous voyons que les seules solutions à retenir sont tout d'abord les dernières, n°s 19 et 20, pour les raisons qui viennent d'être indiquées.

Mais, quoique recommandables, nous avons vu

qu'elles ne présentaient pas un caractère absolu de généralité.

Aussi, devra-t-on recourir dans un grand nombre d'applications aux solutions nos 2, 6, 10 et 18.

Il est facile de se rendre compte que le schéma du n° 10 renferme les trois autres qui ne sont que des cas particuliers de celui-là. C'est donc cette solution qui, en définitive, pourra servir de type général, à la condition d'y faire entrer toutes les simplifications que les cas particuliers pourront offrir.

APPLICATION DES SYSTÈMES LINÉAIRES

A LA PHYSIQUE MATHÉMATIQUE

---

§ 1. — Soient X et Y deux vecteurs variables :

$$X = x_1 i + x_2 j + x_3 k,$$
$$Y = y_1 i + y_2 j + y_3 k,$$

Y sera dit fonction vectorielle linéaire de X, lorsqu'on aura :

$$Y_1 = a_1^1 x_1 + a_1^2 x_2 + a_1^3 x_3,$$
$$Y_2 = a_2^1 x_1 + a_2^2 x_2 + a_2^3 x_3,$$
$$Y_3 = a_3^1 x_1 + a_3^2 x_2 + a_3^3 x_3 ;$$

et on écrira :

$$Y = \varphi(X).$$

Le système linéaire ou l'opérateur φ pourra être représenté par le tableau de ses neuf coefficients :

$$\varphi = \begin{vmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{vmatrix}$$

et pour former $\varphi(X)$, on multipliera les colonnes du tableau respectivement par x_1, x_2, x_3, on ajoutera

par lignes et on aura les coefficients de i, j, k :

$$\begin{array}{c|ccc|c} & x_1 & x_2 & x_3 & \\ \hline & a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 & i \\ & a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 & j \\ & a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 & k \end{array}$$

Le calcul des quaternions se rattache à celui des fonctions vectorielles y dans un espace à quatre dimensions (*).

§ 2. — M. Carvallo a donné (*Bulletin de la Société mathématique*, t. XVIII, 1890) la généralisation suivante de la formule de Green :

Soit un champ U, limité par une surface S ; soient φ un opérateur linéaire fonction du vecteur qui va de l'origine au point considéré, ν l'unité normale intérieure, ∇ l'opérateur d'Hamilton ; on a l'indentité :

$$\iint_S \varphi(\nu) d\sigma + \iiint_U \varphi(\nabla) du = 0,$$

on traite ∇ comme un vecteur et on fait porter les dérivations sur les éléments de φ.

La règle est très simple.

Pour passer de l'intégrale double à l'intégrale triple, il suffit de remplacer ν par ∇.

C'est, sous une autre forme, la généralisation de la formule de Green que j'avais utilisée dans un précédent article et une démonstration nouvelle est inutile ; mais cette dernière forme est plus fertile en applications. Nous allons le montrer par quelques exemples.

(*) E. Carvallo, *Monatshefte für Mathematik und Physik*, II, Jahrg.

§ 3. *Démonstration du théorème de M. Vaschy sur une distribution quelconque de vecteur* (*). — Reprenons l'identité du paragraphe 3 de l'article précédent. On a :

$$\nabla \frac{1}{r} = -\frac{\alpha}{r^2},$$

α étant le vecteur unité de direction OM, r le module de OM, l'identité s'écrit :

$$4\pi h = \iint_S \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \nu h\right) d\sigma + \iiint \mathrm{V}(\ldots)\, du.$$

Posons

$$\varphi(\nu) = \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \nu h\right),$$

φ étant un opérateur linéaire dont il est inutile de calculer les coefficients. L'élément d'intégrale triple sera :

$$\varphi(\nabla) = \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \nabla h\right),$$

les dérivations de ∇ portant sur l'ensemble des éléments de φ :

$$\mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \nabla h\right) = \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \overline{\nabla h}\right) + \mathrm{V}\left(h \overline{\nabla \frac{\alpha}{r^2}}\right),$$

or

$$\nabla \frac{\alpha}{r^2} = -\nabla^2 \frac{1}{r} = 0,$$

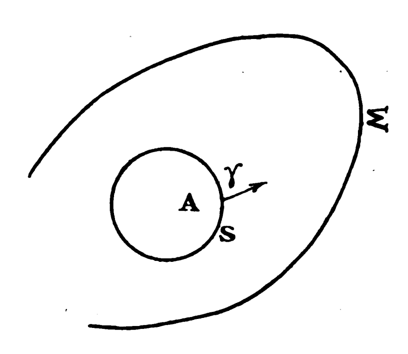
on a donc l'identité :

$$4\pi h = \iint_S \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \nu h\right) d\sigma + \iiint_U \mathrm{V}\left(\frac{\alpha}{r^2}\, \overline{\nabla h}\right) du,$$

qui exprime le théorème de M. Vaschy.

(*) Larose, *Bulletin de la Société mathématique*, t. XXIV.

§ 4. *Calcul des pressions dans un champ électrique.* — Isolons la portion A du champ, limitée par la surface S. Supposons que le champ h soit nul sur la surface extérieure Σ et admettons que le champ dérive d'un potentiel.



Soient :

F la force par unité de volume;
$Pd\sigma$ la pression (vecteur) sur l'élément $d\sigma$ de la surface S;
k le pouvoir inducteur spécifique.

On a :

$$\mathrm{F}du = kh\rho du = -\frac{kh}{4\pi}\mathrm{S}\overline{\nabla h}du$$
$$= -\frac{kh}{4\pi}\overline{\nabla h}du = -\frac{kh\nabla h}{8\pi}du = -\varphi(\nabla)du.$$

Écrivons que la résultante de translation est nulle, il vient :

$$\iint_{\mathrm{S}} \mathrm{P}d\sigma + \iiint_{\mathrm{U}} \mathrm{F}du = 0,$$

ou

$$\iint_{\mathrm{S}} [\mathrm{P} + \varphi(\nu)]d\sigma = 0,$$

quelle que soit la surface d'intégration S, donc :

$$P = -\varphi(\nu) = -\frac{kh\nu h}{8\pi}.$$

La grandeur de P est :

$$\frac{k}{8\pi}(h)^2,$$

et sa direction est la symétrique de ν par rapport au vecteur h du champ.

On n'a écrit que trois équations d'équilibre, on aurait dû en écrire en outre trois autres pour annuler le moment résultant ; on aurait vu qu'elles rentraient dans les premières exprimant simplement ce fait que l'opérateur φ est autoconjugué, c'est-à-dire que le déterminant de ses neuf coefficients est symétrique par rapport à la diagonale principale. Cette dernière propriété est équivalente à celle de la réciprocité des composantes normales.

§ 5. *Forces par unité de volume.* — Admettons que l'expression précédente de P soit générale ; la force par unité du volume sera :

$$F = -\frac{kh\nabla h}{8\pi},$$

les dérivations de ∇ portant sur les h et sur k supposé variable.

Développant, il vient :

$$F = -\frac{h}{4\pi}\mathrm{S}\overline{\nabla kh} - \frac{k}{4\pi}\mathrm{V}(h\overline{\mathrm{V}\nabla h}) + \frac{h^2}{8\pi}\nabla k,$$

ou, en posant :

$$4\pi\delta + \mathrm{S}\overline{\nabla kh} = 0,$$

$$4\pi\mu + \mathrm{V}\nabla h = 0,$$

$$F = h\delta + k\mathrm{V}(h\mu) + \frac{h^2}{8\pi}\nabla k,$$

Soient :

h_e l'intensité électrique;
h_m l'intensité magnétique;
kk' les pouvoirs inducteurs électriques et magnétiques;
$\theta = \frac{kR}{4\pi}$, R résistance électrique spécifique;

on a (Maxwell) :

$$V\nabla h_e = k' \frac{\partial h_m}{\partial t},$$

$$-V\nabla h_m = k\left(\frac{\partial h_e}{\partial t} + \frac{h_e}{\theta}\right).$$

Supposons que le milieu soit homogène et qu'il n'y ait ni masses électriques ($S\nabla h_e = 0$) ni masses magnétiques ($S\nabla h_m = 0$), on a pour force par unité de volume :

$$F = F_e + F_m = -\frac{1}{4\pi} V(k h_e \overline{\nabla h_e} + k' h_m \overline{\nabla h_m}),$$

posant $kk' = \frac{1}{a^2}$:

$$4\pi a^2 F = V\left(-h_e \frac{\partial h_m}{\partial t} + h_m \frac{\partial h_e}{\partial t} + \frac{h_m h_e}{\theta}\right)$$
$$= \frac{1}{\theta} V(h_m h_e) + \frac{\partial}{\partial t} V(h_m h_e).$$

Posons :

$$4\pi w = V(h_m h_e),$$

il vient l'expression simple de la force F :

$$F = \frac{w}{a^2\theta} + \frac{1}{a^2} \frac{\partial w}{\partial t}.$$

La première composante n'existe que dans les conducteurs.

La seconde provient de la variation du champ (*).

J'aurais pu multiplier les exemples, ceux que j'ai

(*) Vaschy, *Comptes rendus*.

choisis suffiront à prouver que la généralisation de la formule de Green et la considération des systèmes linéaires apportent une grande simplicité d'exposition dans les calculs de physique mathématique.

Je renvoie le lecteur que ces questions intéresseraient au mémoire cité de M. Carvallo qui contient entre autres applications une exposition de la théorie analytique de la chaleur de Lamé.

H. LAROSE.
Sous-Ingénieur des Télégraphes.

NOTE SUR LE PONT DE WHEATSTONE

1. Lors du dernier examen d'admission à l'Ecole supérieure de télégraphie, la question d'algèbre ci-après a été posée :

Que devient l'expression :

$$\frac{(a+c)(b+d)}{a+b+c+d}-\frac{ab}{a+b}-\frac{cd}{c+d},$$

quand on a :

$$\frac{a}{b}=\frac{c}{d}\,?$$

Cette question est tirée de la théorie du pont de Wheatstone. Je me propose ici de répondre sommairement à la question et d'en déduire une façon nouvelle d'employer le pont à fil divisé, pour la mesure des résistances.

2. Traitons d'abord la question d'algèbre :

L'expression proposée peut s'écrire :

$$\left(\frac{a+c}{a+b+c+d}\right)(b+d)-\left(\frac{a}{a+b}\right)b-\left(\frac{c}{c+d}\right)d.$$

Il suffit de montrer que les trois facteurs entre parenthèses sont égaux entre eux, pour prouver que cette expression se réduit à zéro.

Or, de la proportion :

$$\frac{a}{b}=\frac{c}{d}.$$

on tire, évidemment,

$$\frac{a}{a+b} = \frac{c}{c+d} = \frac{a+c}{a+b+c+d}.$$

L'expression proposée devient donc nulle, quand on a :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}.$$

3. Si $ad - bc$, au lieu d'être nul, est infiniment petit, je dis que l'expression proposée est infiniment petite du second ordre.

Je pose :

$$\begin{aligned} M &= (a+c)(b+d), & N &= ac(b+d) + bd(a+c) \\ & & &= ab(c+d) + cd(a+b), \\ M' &= a+b+c+d; & N' &= (a+d)(c+d). \end{aligned}$$

Quand on additionne les divers termes de l'expression proposée, elle devient :

$$\frac{MN' - NM'}{(a+b+c+d)(a+b)(c+d)},$$

et l'on a :

$$MN' - NM' = (ab - cd)^2.$$

Pour obtenir ce résultat simple, il suffit d'effectuer les produits $MN' - NM'$.

L'expression proposée se réduit donc à

$$\frac{(ab - cd)^2}{(a+b+c+d)(a+b)(c+d)},$$

et est bien infiniment petite du second ordre, quand $ab - cd$ est infiniment petit.

4. D'une façon générale, considérons un pont de Wheatstone constitué avec les résistances a, b, c, d. Soit c la résistance inconnue, a la résistance de com-

paraison, b et d les branches de proportion prises sur un fil de résistance $L = b + d$. Supposons en outre que les sommets (ab) et (bd) soient reliés par une résistance g et soit R la résistance réduite du pont entre les deux autres sommets (ab) et (cd). Un calcul très simple et connu montre que l'on a :

$$R = \frac{Mg + N}{M'g + N'},$$

les lettres M, M′, N, N′ conservant les mêmes significations que plus haut.

Pour que R soit indépendant de g, il faut et il suffit que l'on ait :

$$MN' - NM' = 0,$$

c'est-à-dire :

$$ab - cd = 0,$$

et, dans ce cas, la résistance réduite $\frac{M}{M'}$ pour $g = \infty$ est égale à la résistance réduite $\frac{N}{N'}$, pour $g = 0$. C'est le problème posé pour l'admission à l'École supérieure de télégraphie.

5. Je vais montrer maintenant que si $a + c$ et $b + d$ restent constants, la résistance réduite du pont, R, est toujours moindre que la valeur constante :

$$\frac{M}{M'} = \frac{(a + c)(b + d)}{a + b + c + d}.$$

En effet, on a :

$$R = \frac{Mg + N}{M'g + N'} = \frac{M}{M'} - \frac{MN' - NM'}{M'(M'g + N')}.$$

Il résulte de la valeur obtenue précédemment pour $MN' - NM'$ que le second terme de R est toujours négatif.

6. Application au pont à fil divisé.

Dans ce pont, a, c et $L = b + d$ sont des constantes; on rentre donc dans le cas précédent. Si alors on intercale un ampèremètre dans la branche de pile, sa déviation sera minimum, lorsque l'on aura

$$ad - bc = 0,$$

et il ne passera plus de courant dans la branche g.

En faisant varier g, on a une méthode de « faux zéro. »

Si g reste constant, il suffit d'observer un minimum de déviation.

7. Sensibilité de la méthode du minimum de déviation.

Pour que le minimum de déviation, correspondant au maximum de R soit bien perceptible, il faut rendre le second terme de R aussi grand que possible dans le voisinage de l'équilibre. Il faudra donc avoir $g = 0$.

Supposons cette condition remplie. On peut se proposer de chercher en quel point du fil divisé la sensibilité serait la plus grande.

L'équilibre étant établi, on a :

$$ad - bc = 0.$$

si on déplace le contact mobile le long du fil divisé d devient $d + \varepsilon$ et b devient $b - \varepsilon$. Si ε est très petit, on peut, dans le terme à calculer, négliger ε devant a, b, c, d. Le terme à rendre maximum est :

$$A = \frac{[a(d+\varepsilon) - (b-\varepsilon)c]^2}{(a+b+c+d)(a+b-\varepsilon)(c+d+\varepsilon)},$$

et l'on a :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} a &= \frac{bc}{d}, \\ b + d &= L, \end{aligned} \right.$$

$$a(d+\varepsilon) - (b-\varepsilon)c = (a+c)\varepsilon,$$

et l'on trouve, toutes réductions faites :

$$A = \frac{Lc^2\varepsilon^2}{b(c+d)^3}.$$

L'examen de cette valeur de A montre qu'il y a intérêt à avoir b aussi petit que possible. D'autre part, il y a minimum de sensibilité, quand $b(c+d)^3$ est maximum.

Or, on peut écrire, alors :

$$b(c+d)^3 = \frac{1}{3}(3b)(c+d)(c+d)(c+d).$$

La somme des quatre facteurs est égale à $3c + 3L$, elle est donc constante ; le produit sera donc maximum pour : $3b = c + d$ ou : $b = \frac{L+c}{4}$, $d = \frac{3L-c}{4}$, si toutefois b et d peuvent prendre ces valeurs.

On voit qu'en vertu des équations (1), le terme A a pu être exprimé en fonction de b, et l'on avait

$$A = \varphi(b)\varepsilon^2.$$

La valeur de b trouvée correspondait à $\varphi'(b) = 0$.

Si on se servait des équations (1) pour exprimer b et d et par suite A en fonction de a, on aurait :

$$b = f(a) \quad \text{et} \quad A = \varphi[f(a)]\varepsilon^2.$$

Le maximum correspondrait à $\varphi'_f \times f_a = 0$ et l'on obtiendrait encore $\varphi'_f = 0$.

Il est donc inutile de chercher la valeur de a la plus favorable d'une façon directe. Ce serait $a = 0$, correspondant à $b = 0$.

J.-B. Pomey.

SYSTÈME

DE TÉLÉPHONIE SANS PILE D'APPEL

NI MAGNÉTO CHEZ LES ABONNÉS

Etant donné le grand développement que la Téléphonie a pris de tous côtés, l'effort des techniciens doit tendre à réaliser des systèmes tels que, d'une part, le service se fasse avec rapidité et sûreté et que, d'autre part, grâce à la simplification des installations, les frais d'achat et d'exploitation s'abaissent jusqu'au taux le plus minime, rendant ainsi les bienfaits du téléphone accessibles au plus grand nombre.

Le dispositif que nous allons décrire répond à ces desiderata; sa nouveauté consiste dans la suppression des générateurs de courant employés pour l'appel dans les postes d'abonnés, et dans l'émission automatique des appels et des signaux de fin de conversation. Dans ce nouveau système, on peut employer aussi bien le simple fil que le double fil; dans les bureaux centraux, on peut avoir en service des panneaux d'annonciateurs disposés en monocordes ou en dicordes; pour les appels du bureau on peut se servir à volonté de courants alternatifs ou continus. La description ci-après sera limitée aux installations dicordes, pour lesquelles seules nous avons l'expérience de l'exploitation.

Dans les figures suivantes, on a représenté la marche du courant pour le fil simple et pour le double fil ; ces deux installations sont disposées, de manière qu'en enlevant le téléphone, l'abonné fait tomber automatiquement le volet de son annonciateur, et qu'en le remettant en place, une fois la conversation terminée, il fait tomber le volet de l'annonciateur de fin de conversation. La source électrique, par le moyen de laquelle on agit sur ces volets, est reportée au bureau central. Nous décrirons le système, après avoir indiqué les manœuvres que l'employé et l'abonné ont à faire pour l'établissement d'une communication.

I. Installation des réseaux à double fil. — La *fig.* 1, représente une installation de ce genre. Les nos 1, 2 et 3 indiquent des postes d'abonnés avec leurs leviers commutateurs *h*, les téléphones *f*, les sonneries *g* et les contacts de mise à la terre *a*. Ceux-ci sont disposés de manière que le levier commutateur *h*, en revenant du butoir de conversation *s* au butoir de repos *r*, vient, chemin faisant, en contact métallique avec *a*. — Les postes d'abonnés sont reliés au bureau par les conducteurs *l l* et *z z*. Les conducteurs *l* communiquent avec la terre par l'annonciateur de fin de conversation et la pile commune *w*; les conducteurs *z z* ont leur extrémité isolée au bureau.

Si un abonné veut appeler le bureau, il enlève du crochet *h* son téléphone *f*. Le levier se relève contre le butoir de conversation *s* et, en passant sur le contact de terre *a*, la pile *w* se ferme sur le conducteur *l l* et l'annonciateur d'appel correspondant *k* (cf. le poste d'abonné 1); le volet tombe. La mise en relation de l'employé avec l'abonné appelant s'effectue comme

dans les autres systèmes et n'a pas besoin d'être décrite en particulier. On peut en dire autant de l'appel adressé par le bureau à l'abonné demandé.

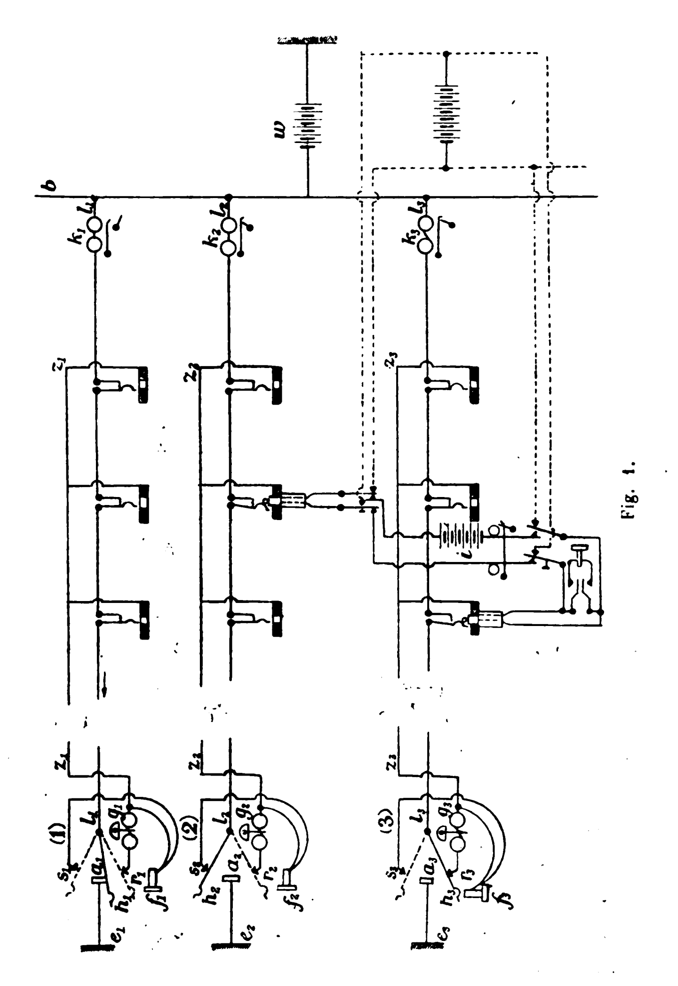


Fig. 1.

En ce qui concerne l'établissement de la communication entre deux abonnés et l'intercalation de l'an-

nonciateur de fin de conversation, destiné à rendre possible l'émission automatique du signal de fin, le dispositif employé est représenté dans les *fig.* 2 et 3.

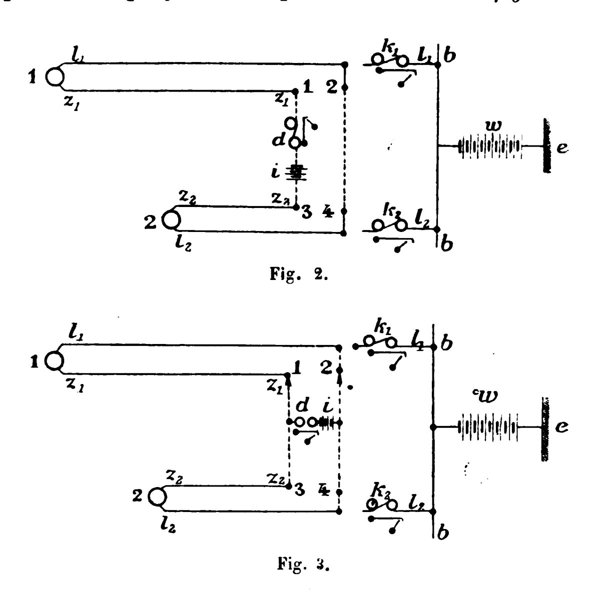


Fig. 2.

Fig. 3.

Les lignes ponctuées y indiquent les conducteurs souples, les flèches sont les contacts des fiches, les points 1, 2, 3 et 4 sont les ressorts de contact des jacks. Les annonciateurs *d* sont construits de manière que le guichet reste caché quand l'électro est excité et qu'il est découvert dans le cas contraire. On obtient ce résultat, soit en faisant un volet en fer qui serve d'armature à l'électro-aimant, soit en tournant vers le haut le crochet de retenue. Des piles *i* sont reliées avec les annonciateurs de fin de conversation de manière à être fermées sur les bobines pendant que la communication est établie entre deux abonnés. Elles maintiennent ainsi en place les volets de fin de con-

versation, jusqu'au moment où, les téléphones étant remis en place dans les postes d'abonnés, il se produit une interruption par le jeu du levier commutateur *h*, entre les conducteurs *ll* et *zz*. Le courant de la pile correspondante *i* est alors interrompu et le volet libéré. Ainsi que dans les autres systèmes, on peut placer la pile *i* dans le circuit des cordons, comme dans la *fig.* 2, ou bien on peut choisir le montage en pont, comme dans la *fig.* 3. Cette position de la pile exige que les électro-aimants de fin de conversation aient une forte résistance et une grande autoinduction, ce qui rend

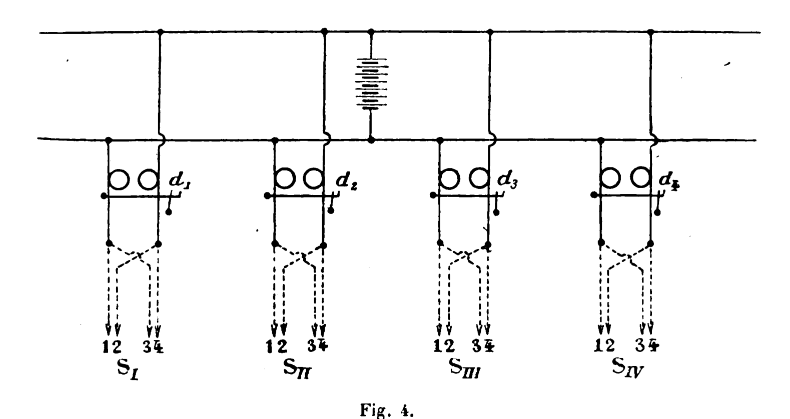


Fig. 4.

possible l'emploi d'une pile commune pour tous les annonciateurs. La *fig.* 4 représente cet arrangement. Les mélanges d'audition sont empêchés par la forte autoinduction des électro-aimants de fin de conversation.

Comme on le voit sur la *fig.* 1, on emploie des jacks en série pour séparer du circuit de conversation, en enfonçant les fiches, les parties des conducteurs *l l* qui sont en communication avec la terre par les annon-

ciateurs d'appel et la pile *w*. Pour réaliser cette séparation, désirable à plusieurs égards, on emploi pour chaque ligne, quand les jacks sont en dérivation, un circuit auxiliaire, renfermant une pile *b* (*fig*. 5). L'un

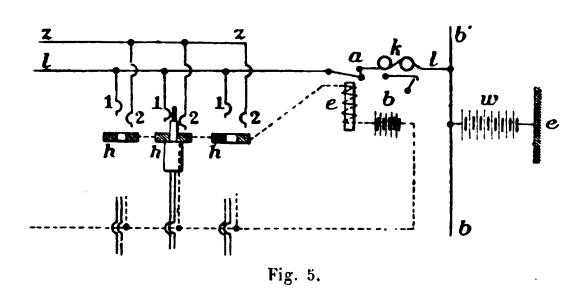


Fig. 5.

des pôles est relié à travers un électro-aimant à l'enveloppe extérieure du jack *h*, l'autre pôle est relié aux fiches S. En enfonçant la fiche, on ferme le circuit auxiliaire, l'électro-aimant *e* est excité ; son armature sépare de la terre la dérivation *l l*. Ledit électro-aimant peut être également employé, s'il est arrangé en conséquence, pour relever automatiquement le volet de l'annonciateur d'appel.

II. *Installation des réseaux à simple fil.* — La marche du courant est alors représentée *fig*. 6 ; 1, 2 et 3 désignent des postes d'abonnés avec leurs leviers commutateurs *h*, leurs téléphones *f* et sonneries *g*. Les abonnés sont reliés au réseau par des lignes à un fil *l l*, qui sont en communication avec la terre par les jacks, les annonciateurs d'appel *k* et la pile commune *w*. Les annonciateurs *k* sont construits de manière que le volet reste fermé quand la pile *w* envoie un courant continu sur la ligne *l*. Comme dans les installations précédemment décrites, l'appel d'un abonné

au bureau se produit en enlevant le téléphone *f* du crochet commutateur *h*. Celui-ci, dans son mouvement,

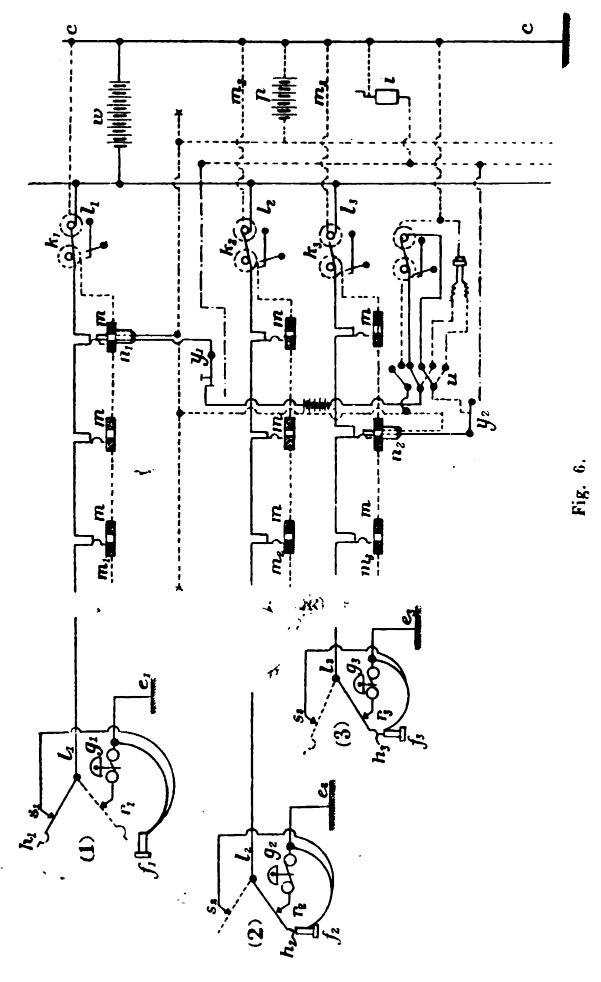


Fig. 6.

pour aller du butoir de repos *r* au butoir de conversation *s*, interrompt le courant de la pile *w* dans la ligne *ll* correspondante et amène ainsi la chute du

volet correspondant *k*. Les manœuvres que l'employé a à faire pour mettre son téléphone en relation avec l'abonné appelant, pour appeler l'abonné demandé et pour établir la communication entre les deux lignes intéressées, s'accomplissent comme dans les autres systèmes, et la *fig.* 6 indique, en partie, ces manœuvres. Quant à l'appel que le bureau envoie aux abonnés, il est à remarquer que les sonneries *g* des postes d'abonnés ne répondent pas à l'action du courant continu envoyé par la pile *w*, mais qu'elles sont arrangées de manière à n'être actionnées que par un courant alternatif ou, dans d'autres cas, plus intense. Dans la *fig.* 6, on a supposé que le courant d'appel était alternatif et, par suite, que le générateur *i* est un appel magnéto. Si l'on a affaire à un multiple, il faut avoir soin de ne pas faire tomber le volet de l'abonné demandé, en enfonçant la fiche dans un des jacks généraux, d'où il résulterait une interruption du courant continu de la pile *w*. A cet effet, les enveloppes extérieures des jacks *m* de chaque ligne d'abonné sont reliées entre elles par des conducteurs auxiliaires m_1, m_2, m_3, etc., et ces circuits auxiliaires traversant un second embobinage de l'électro-aimant correspondant aboutissent à une bande, qui constitue l'un des pôles de la pile auxiliaire *p*. La bande qui constitue l'autre pôle est reliée par les fils axiliaires *x x* avec les conducteurs des fiches *n*, de manière qu'en enfonçant les fiches dans les jacks on ferme le circuit de la pile *p* sur le bobinage auxiliaire de l'annonciateur correspondant ; le volet se trouve donc maintenu pendant qu'on met la fiche en place. Il va sans dire que la fermeture de ce circuit auxiliaire doit se produire avant l'interruption du courant principal, ce qu'on

peut obtenir très simplement. Il y a lieu de remarquer aussi que le dispositif auxiliaire, ainsi introduit, peut encore servir à relever automatiquement les volets tombés et à faire le test des lignes, en tant qu'occupées ou libres. Mais il n'est pas besoin de s'étendre là-dessus.

Le dispositif employé pour émettre automatiquement le signal de fin de conversation coïncide, en

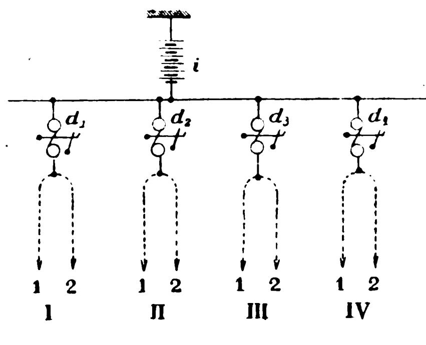


Fig. 7.

principe, avec le procédé adopté pour le double fil. Il consiste à mettre une pile en relation avec l'annonciateur de fin de conversation ; celui-ci doit être construit pour rester fermé, quand l'électro est excité. Dans la *fig.* 6, la paire de cordons des fiches n_1, n_2, en dehors des touches pour l'appel y_1, y_2 et du commutateur *u* qui sert à introduire alternativement, soit l'annonciateur de fin de conversation, soit le téléphone d'opérateur, contient encore une pile *o*, à laquelle incombe la fonction de maintenir fermé le volet de l'annonciateur de fin, pendant la durée de la mise en communication de deux abonnés. L'échappement de ce volet est produit par la remise du téléphone au crochet

du levier commutateur dans les postes des abonnés reliés l'un à l'autre.

Comme dans les installations pour double fil, on peut aussi employer ici une pile commune pour l'ensemble des annonciateurs de fin d'un bureau central; alors, il faut disposer leur insertion comme dans la *fig.* 7, et leur donner une résistance suffisante et une forte autoinduction.

(*A suivre.*)

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

SUR

LES CABLES SOUS PAPIER FOURNIS A L'ADMINISTRATION FRANÇAISE

PENDANT L'ANNÉE 1896

Les câbles sous papier et à circulation d'air sec ont été introduits il y a quelques années dans le matériel de l'administration française des postes et des télegraphes, mais l'emploi s'en est rapidement généralisé et il nous a semblé qu'il serait intéressant de fournir quelques renseignements statistiques à ce sujet.

Le tableau ci-dessous indique les quantités des différents modèles livrés par les fournisseurs en 1896. Un nouveau modèle de câble à 224 paires vient d'être créé pour l'année 1897.

Quantités en kilomètres.	Modèles des câbles.	Diamètre du cuivre. des conducteurs.
153,250	112 paires	1 millim.
7,400	56 —	id.
15.750	28 —	id.
2,000	14 —	id.
100,000	7 —	id.
652,000	1 paire	id.
14,600	21 paires	2 millim.
3,000	14 —	id.
6,250	7 —	id.
4,000	7 —	$2^{mm},5$
6,750	7 —	2 millim.
1,950	7 —	4 —
25,000	6 —	2 —
40,000	1 paire	12/10 millim.

Ces $1.031^{km},950$ de câbles ont été fractionnés en

3.187 bouts de longueur variable suivant les types et enroulés sur autant de bobines en fer ou en bois.

En réunissant bout à bout tous les conducteurs que renferment ces câbles, on obtiendrait une longueur totale de fil de 40.818^{km},740 ou bien de 20.409^{km},370 de circuits téléphoniques, puisqu'il s'agit d'installations téléphoniques comportant une ligne bifilaire.

Les matières invariablement employées dans ce genre de câbles sont le plomb, le cuivre, le papier et un peu de coton destiné à maintenir convenablement le câblage général des paires entre elles.

La quantité de ces diverses matières atteint pour chacune d'elles l'importance suivante :

Plomb	1.961.473^{kg}
Cuivre	317.593
Papier	69.433
Coton	3.496

Au poids du plomb constituant l'enveloppe des câbles, on doit ajouter celui de 9.850 manchons divers, servant au raccordement des câbles entre eux : ce poids s'élève à 16.950 kilogrammes.

Il a été fourni en outre 441.910 petits manchons en papier pour le raccordement des conducteurs entre eux.

Toutes ces matières ont été, avant leur emploi, examinées et acceptées par le service de la Vérification. La fabrication des câbles a en outre été surveillée dans tous ses détails.

La facilité de la circulation de l'air (*) est considérée comme ayant une grande importance au point de vue de l'entretien et la réparation des câbles ; elle a été vérifiée pour chaque bobine au moyen d'une injection

(*) V. *Annales télégraphiques*.

d'air à une pression de 2 kilogrammes par centimètre carré; cet air, introduit à l'une des extrémités du câble, devait commencer à se dégager à l'autre extrémité, après un temps variant de 1′30″ à 5′, suivant la longueur mise en essai.

Pour contrôler l'absence de piqûres ou de défauts dans l'enveloppe de plomb, on immerge les câbles, et on les soumet pendant cette immersion à une pression d'air de 3 à 4 kilogrammes par centimètre carré.

Ces vérifications qui ont porté sur les 3.187 bobines, ont donné lieu, y compris les essais de circulation d'air, à 6.374 épreuves.

Les câbles qui ont satisfait à cette première série d'essais sont ensuite amenés dans une salle spéciale et disposés en vue d'essais électriques.

Ces essais comprennent pour chaque fil deux mesures: la capacité et l'isolement; la mesure de la résistance du cuivre est faite sur l'ensemble des conducteurs d'un même câble réunis bout à bout.

La vérification électrique des 1.031^{km},950 de câble sous papier a dès lors exigé 515.350 mesures d'isolement et de capacité et 3.200 mesures de résistance de cuivre.

Enfin, l'absence d'induction d'une paire de conducteurs sur les autres a été vérifiée au moyen d'un dispositif spécial combiné en vue de rendre pratique l'expérience suivante : à circuits ouverts et sur la longueur d'un kilomètre, il ne doit pas être possible de percevoir au moyen d'un récepteur téléphonique Ader, placé sur une paire quelconque, les paroles prononcées à très haute voix dans un microphone Ader placé sur une autre paire.

DOMINÉ.

CHRONIQUE.

Statistique des chemins de fer et tramways électriques en service en Europe au 1er janvier 1896

ÉTATS	LONGUEUR totale des lignes en km	PUISSANCE totale en kw	NOMBRE total des voitures automotrices	NOMBRE des lignes à conducteur aérien	NOMBRE des lignes à conducteur souterrain	NOMBRE des lignes à rail central	NOMBRE des lignes à accumulateurs	NOMBRE total des lignes
Allemagne	406,4	7.194	857	35	1	»	»	36
Angleterre	94,3	4.243	143	7	1	8	1	17
Autriche-Hongrie	71,0	1.949	157	6	1	»	2	9
Belgique	25,0	1.120	48	3	»	»	»	3
Bosnie	5,6	75	6	1	»	»	»	1
Espagne	29,0	600	26	2	»	»	»	2
France	132,0	4.490	225	11	»	1	4	16
Hollande	3,2	320	14	»	»	»	1	1
Irlande	13,0	440	25	1	»	»	»	1
Italie	39,7	1 890	84	7	»	»	»	7
Suède et Norvége	7,5	225	15	1	»	»	»	1
Portugal	2,8	110	3	1	»	»	»	1
Roumanie	5,5	140	15	1	»	»	»	1
Russie	10,0	540	32	2	»	»	»	2
Serbie	10,0	200	11	1	»	»	»	1
Suisse	47,0	1.559	86	12	»	»	»	12
Totaux	902,0	25.095	1.747	91	3	9	8	111

(*L'Industrie électrique*, 10 mars 1897.)

Action propre à l'uranium sur les corps électrisés.

M. Becquerel expose le résultat de recherches qu'il a poursuivies, en vue de préciser les conditions de l'action exercée par l'uranium sur les corps électrisés. Il s'est servi, pour ses expériences, à la fois de l'électroscope d'Hurmuzescu et d'un autre électroscope extrêmement sensible à une seule feuille d'or, permettant d'apprécier une fraction de volt. Il a ainsi constaté qu'un fragment d'uranium approché de la boule d'un électroscope le décharge, que le potentiel soit très considérable ou que le potentiel soit seulement d'une fraction de volt, que l'appareil soit chargé d'électricité positive ou négative. Le phénomène affecte donc le caractère d'une action générale. Si l'on place un conducteur terminé par une boule et chargé d'électricité en regard d'un autre conducteur identique, puis si l'on dispose à distance au-dessus des deux boules une lame d'aluminium, la charge électrique passe d'une boule sur l'autre. M. Becquerel s'est demandé quel pouvait être le rôle de l'air en cette circonstance. On sait déjà que l'air ayant séjourné sur l'uranium décharge un électroscope lorsqu'on le projette sur la boule de l'électroscope. Dans le but d'éclaircir cette difficulté, M. Becquerel a enfermé la boule de l'électroscope dans une petite cage de verre. Le plafond de cette cage porte une lame d'aluminium ; enfin, deux tubulures latérales opposées permettent de faire traverser la cage par un courant d'air passant entre la boule et la plaque. Dans ces conditions, la décharge est beaucoup plus lente. M. Becquerel s'est aussi occupé du rôle de la pression ; il a observé qu'elle exerçait une action ; il se propose d'opérer dans le vide pour résoudre complètement la question.

(*Comptes rendus*, 1er mars 1897.)

Une nouvelle plante à caoutchouc.

La consommation du caoutchouc augmente constamment, et l'on détruit sans compter les plantes qui le fournissent : on

saigne les arbres et les lianes avec un vandalisme qui s'est reproduit souvent en bien des matières, et il devient de toute urgence, non seulement qu'on impose d'autres façons de faire, mais surtout qu'on prépare des cultures de plantes à caoutchouc pour remplacer les richesses naturelles si inutilement dilapidées. Aussi, non seulement on essaye d'obtenir des caoutchoucs artificiels, ou tout au moins de modifier heureusement les *latex* encore sans usage possible, mais encore la station botanique de Ceylan a établi des cultures d'*hevea*, et on commence à imiter cet exemple au Congo français. Mais voici qui est mieux : jusqu'à présent, sur la côte occidentale d'Afrique, comme le fait remarquer un savant naturaliste, M. H. Lecomte, on n'utilisait guère pour cette production que les lianes du genre *Landolphia ;* on signale maintenant, comme devant pouvoir être fructueusement exploité, un arbre qu'on rencontre à Accra, à Lagos, à Fernando-Po, le *Kickxia africana* (Benth). De son tronc, qui peut atteindre jusqu'à 15 et 20 mètres de haut, s'échappe à la moindre incision un lait dont la coagulation à froid dure deux semaines : le caoutchouc ainsi produit (car c'en est bien) vaut un shilling la livre anglaise. D'autre part, la station botanique de Lagos obtient par évaporation à chaud, et moyennant des précautions qu'on ne nous explique point, une matière de qualité supérieure qui vaut presque 2 shillings et demi. Le Kickxia est en pleine exploitation à Lagos : c'est une vraie révolution économique pour cette colonie, puisque l'exploitation du caoutchouc y dépasse 5 millions de livres pendant le dernier exercice, alors qu'elle n'atteignait pas auparavant 40.000 livres. Ainsi que le dit M. Lecomte, il y aurait le plus grand intérêt à rechercher le Kickxia dans les forêts de nos colonies du golfe de Guinée, où il doit se rencontrer tout comme au Lagos.

(*La Nature*, 6 mars 1897.)

Le « kickxia africana » au Congo français.

La *Revue coloniale* a déjà signalé à l'attention de ses lecteurs (7 janvier 1897), l'extension particulièrement rapide de l'exploi-

tation du caoutchouc dans la colonie anglaise de Lagos à la suite de la découverte qui a été faite d'un arbre à caoutchouc qui abonde dans les forêts, le *Kickxia africana* Benth.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, les exportations de caoutchouc, qui ne dépassaient pas, avant 1890, une valeur annuelle de 30.000 à 40.000 liv. st. se sont accrues très rapidement et pour l'année 1895 elles atteignaient un poids de plus de 5 millions de livres anglaises représentant une valeur de 269.000 liv. st. L'exploitation du caouchouc de Kickxia a fait de Lagos une colonie très prospère.

Dans la dernière séance de la réunion des naturalistes du Muséum (23 février 1897), M. Henri Lecomte a annoncé que, dans un voyage effectué au Congo français, en 1893-1894, il avait découvert le *Kickxia africana* Benth, c'est-à-dire l'arbre à caoutchouc de Lagos, à Kakamœka, sur le fleuve Kouilou. Malgré l'abondance du latex qu'il laisse écouler par la moindre incision, cet arbre n'est pas exploité au Congo pour la préparation du caoutchouc; c'est qu'en effet il est nécessaire de provoquer la coagulation du latex par des moyens spéciaux que ne connaissent pas les indigènes du Congo mais qui sont d'un usage courant à Lagos.

L'importance économique du fait signalé par M. Lecomte n'échappera à personne. Il est absolument nécessaire de rechercher le Kickxia dans les immenses domaines du Dahomey et du Congo. Il ne peut manquer de se rencontrer au Dahomey puisqu'on le trouve à Accra d'une part et à Lagos de l'autre. Son existence à Kakamœka, par 4° 10′ de latitude sud le fait soupçonner dans tout le Mayombe. La découverte du Kickxia au Congo français contribuera, sans nul doute, à accroître l'activité commerciale de cette colonie.

(*Revue coloniale*, du 11 mars 1897.)

Fonte spéciale de Cuivre.

Dans le journal *Electrical Engineer* (3 mars 1897), M. Brown, après avoir remarqué que le cuivre fondu n'a jamais valu le cuivre laminé ou écroui au point de vue de la conductibilité



et de la résistance, annonce qu'il a préparé un métal qu'il appelle MB et qui se fabrique à Menlo Parck sous les auspices de M. Edison; et que cette fonte de cuivre aurait les mêmes propriétés que le cuivre laminé et écroui au point de vue mécanique et électrique; d'où un grand avantage pour la construction des dynamos, moteurs, tramways, commutateurs, etc...

M. Brown est convaincu qu'en tréfilant ce métal MB, l'on obtiendra un produit qui aura une résistance mécanique et une conductibilité remarquables; il ne semble pas avoir encore réalisé l'expérience.

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod et P. Vicq.

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 **Juillet-Août**

NOTES

SUR LE

SERVICE TÉLÉPHONIQUE EN ALLEMAGNE

(Suite) (*)

PARTIE TECHNIQUE.

Cette partie de notre étude se divise naturellement en deux sections : celle des lignes, et celle des postes.

I. Lignes.

Les lignes téléphoniques sont de deux catégories : les lignes urbaines et les circuits interurbains. Nous examinerons simultanément les deux catégories, parce qu'il serait difficile de faire à cet égard une nouvelle subdivision : les circuits interurbains empruntant dans

(*) Voir le numéro de janvier-février 1897.



les villes les appuis du réseau urbain, on est, en effet, amené à parler de ces circuits en même temps que des artères urbaines. Dans des paragraphes spéciaux, je m'occuperai, néanmoins, de quelques particularités relatives aux lignes à grandes distances.

Tous les réseaux urbains de l'Allemagne sont à simple fil. *Nürnberg*, qui possède un réseau à double fil, fait seul exception à cette règle.

En principe, et autant que possible, tous les fils sont aériens. Lorsque leur nombre devient assez grand pour produire l'encombrement des appuis ou des toitures, on a recours aux câbles souterrains. Cette situation se présente aux abords de presque tous les bureaux centraux. Les fils aériens sont raccordés aux câbles sur les dernières herses elles-mêmes, qui jouent le rôle de tourelles de concentration. Nous reviendrons plus loin sur ces espèces de tourelles et sur les câbles souterrains qui y aboutissent.

La loi allemande ne confère aucun droit à l'Administration pour installer des appuis sur les immeubles. Il faut donc qu'une convention intervienne dans chaque cas particulier entre l'Administration et le propriétaire; et celui-ci est en droit de réclamer le paiement de l'autorisation de poser et d'entretenir des fils sur sa propriété. Si ce droit était exercé d'une façon générale, il en résulterait une charge énorme pour l'Administration allemande. Mais celle-ci a tourné la difficulté de la façon suivante, qui probablement n'aurait pas le même succès en France : le service téléphonique n'accepte d'abonnement pour aucune personne habitant un immeuble dont le propriétaire lui refuse l'autorisation *gratuite* de faire sur cet immeuble tous les travaux extérieurs que bon lui sem-

ble. Cette autorisation comporte l'accès des toitures par l'intérieur.

Tous les montants de herses sont ou bien scellés sur pignons ou murs en saillie, ou bien boulonnés sur les charpentes.

On a adopté en Allemagne, d'une façon presque exclusive, le système des herses sur toitures. Les potelets sur façades sont introuvables; sur toitures, on n'en voit que de très rares, dans les quartiers excentriques, et affectés aux fils interurbains.

Il suffit de jeter un regard sur le réseau de Berlin pour constater que le système des herses, à cause du nombre insuffisant des montants verticaux, ne vaut pas celui des potelets entretoisés. Les montants n'ont pas toujours l'aplomb que l'œil recherche instinctivement; la figure géométrique de ces herses ne présente plus alors la régularité qu'elle devrait avoir, et la rigidité de ces appuis semble précaire. Les constructeurs eux-mêmes paraissent convenir de ces défauts par l'adjonction de nombreux tirants, contreforts et haubans qui entourent et encombrent d'une façon assez disgracieuse toute herse un peu chargée de fils.

La généralisation de l'emploi des herses, à l'exclusion de tout autre système, ne peut être expliqué en Allemagne que par une raison mal justifiée d'économie des ferrures verticales et de leur plantation, et non par le désir ou le devoir de causer la moindre gêne ou le moindre dommage à l'immeuble, puisque le service téléphonique commence par conquérir dans chaque cas, et par la méthode que nous avons indiquée, le droit de faire le travail qui lui semble le plus convenable.

En fait, l'économie recherchée disparaît avec l'em-



ploi de tirants et de haubans qui s'imposent pour la consolidation de l'appui. D'autre part, il n'est nullement économique d'installer de prime abord une herse pour y installer un petit nombre de fils qui ne doit augmenter que dans un avenir plus ou moins éloigné; alors qu'il est si simple d'ajouter un potelet à des potelets existants, au fur et à mesure de l'extension du réseau, de l'entretoiser et de le contreventer avec ceux-ci de façon à avoir une figure indéformable dont la fixité dans l'espace sera facilement assurée, si c'est nécessaire, par un nombre très réduit de haubans.

Pour ma part, je pense que si le système de la herse est adopté d'une façon à peu près exclusive en Allemagne, c'est qu'il a été le premier et le seul employé à l'origine, qu'il est l'imitation des poteaux jumelés avec traverses des lignes télégraphiques de ce pays; que les agents s'y sont familiarisés ; que, par la force de l'habitude, ils ne sauraient en employer d'autres, et que l'on rencontrerait maintenant trop d'inconvénients ou de difficultés à transformer le matériel ou à faire une nouvelle éducation des sous-agents.

En somme, la conclusion à dégager de cet exemple est qu'un modèle uniforme d'appui se trouve en désaccord avec un trop grand nombre de cas particuliers qui comportent des solutions particulières, et qu'il est essentiel d'avoir un personnel supérieur capable de discerner ces cas particuliers, de trouver leurs solutions et de les appliquer.

Herses. — Le système de herse, qui constitue d'une façon uniforme et à peu près exclusive les appuis du réseau de Berlin et des autres villes de l'Allemagne, se compose essentiellement : d'abord, de deux mon-

tants en fer tubulaire à section circulaire, ensuite de traverses en nombre convenable. Ces traverses sont faites avec deux fers méplats juxtaposés, séparés par un intervalle de 2 centimètres environ, et maintenus l'un avec l'autre par les boulons d'assemblage des isolateurs eux-mêmes (*fig.* 1).

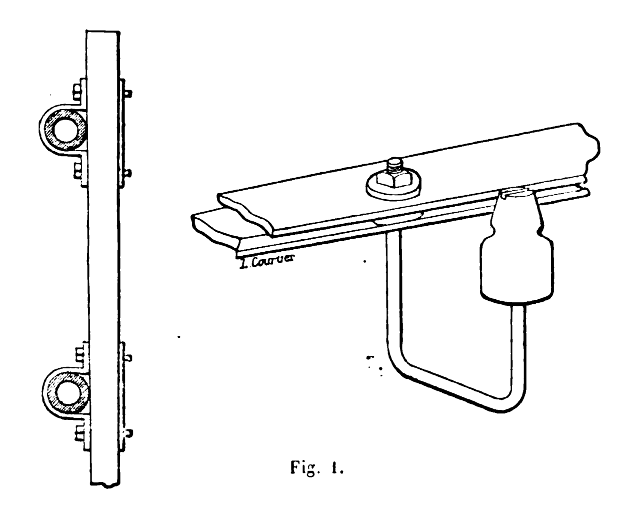


Fig. 1.

Ces isolateurs sont en porcelaine, à simple cloche, sur consoles en U.

L'intervalle entre les deux fers méplats parallèles est maintenu par des rondelles d'épaisseur convenable.

Espacement des fils aériens. — L'espacement des fils est en moyenne de $0^{m},20$. C'est grâce à cette faible valeur de l'écartement des fils que l'on peut trouver la place des nombreux conducteurs nécessaires pour desservir le nombre très élevé et toujours croissant des abonnés de Berlin (30.000 environ). Et encore, faut-il remarquer que le réseau de Berlin, comme tous les

autres à une exception près, est construit au simple fil. Les fonctionnaires allemands ne pensent pas que, dans un avenir rapproché, l'on double d'une façon générale les fils de la capitale; et, pour le moment, ils ne voient pas les moyens de réaliser cette transformation en conservant les fils aériens.

Les herses les plus répandues ne comportent que deux ou trois montants verticaux reliés par une dizaine de traverses horizontales. Chaque traverse porte dix fils d'un montant à l'autre. Les bras horizontaux qui dépassent chaque montant extrême portent eux-mêmes plusieurs isolateurs et augmentent ainsi notablement la capacité de l'appui; le nombre de ces isolateurs portés par chaque bras extérieur est tantôt de 3, tantôt de 6.

En somme, une herse à deux montants contiendra de 160 à 200 isolateurs; à trois montants, 100 isolateurs de plus, soit de 260 à 300 fils, etc...

Il est certain que les capacités indiquées ci-dessus ne sont pas des limites rigoureuses, et que l'on pourrait encore ajouter un certain nombre de fils aux 200, par exemple, que peut porter une herse à deux montants. Mais alors la partie inférieure de la herse serait un peu surchargée, tandis que, dans les conditions normales, il reste encore assez de place sur les montants pour y fixer une planchette horizontale qui facilite le passage et le travail des agents de la construction.

Entre deux isolateurs situés de part et d'autre d'un montant vertical, il reste un intervalle un peu supérieur à l'espacement normal de deux fils voisins.

Il en résulte un intervalle de $0^{m},60$ environ entre deux nappes voisines d'un même faisceau, et séparées

par un bras vertical. Cet intervalle, qui semble imposé pour permettre de loger sur chaque traverse les pièces d'assemblage de ces traverses avec les montants, facilite en même temps les travaux de pose et d'entretien parce qu'il permet aux ouvriers de se mouvoir entre deux nappes le long de chaque montant sans trop bouleverser les fils déjà posés.

Lignes auxiliaires. — Ces herses portent, en même temps que les fils d'abonnés, les lignes auxiliaires, c'est-à-dire les lignes qui relient deux à deux les bureaux centraux d'une même ville. Ces lignes, comme celles des abonnés, sont à simple fil. Dans les premiers temps, ces lignes auxiliaires, quoique portées par les mêmes herses, étaient disposées sur des rangées distinctes des rangées de fils d'abonnés; actuellement, elles sont confondues avec l'ensemble des fils, tant sur les herses que sur les câbles souterrains.

Diamètre des fils aériens des réseaux. — Tous ces conducteurs, fils d'abonnés et lignes auxiliaires, sont en cuivre dur de $1^{mm},5$. Si l'on compare ces fils avec nos fils de bronze de 11/10 de millimètre on remarque immédiatement que leur résistance *totale* à la rupture est sensiblement la même; car en supposant que leur résistance par millimètre carré ne dépasse pas 40 kilogrammes, pour arriver à la même résistance totale avec un fil de bronze de 11/10 de millimètre il faut que la résistance spécifique de ce bronze soit d'environ 75 kilogrammes par millimètre carré, c'est-à-dire celle que nous exigeons en France pour ce fil de 11/10.

Sans dénaturer la structure physique du cuivre on

obtient ainsi une charge totale de rupture égale à celle d'un fil de 11/10 de millimètre; par contre, on a une résistance électrique bien moindre par kilomètre, c'est-à-dire une amélioration considérable des transmissions; et l'on obtient en même temps une atténuation notable des dérivations par le sol et par les fils voisins, ainsi que des effets d'induction par la diffusion des courants induits dans les conducteurs voisins, s'il s'agit, comme c'est toujours le cas, d'une nappe formée d'un grand nombre de fils.

Induction mutelle des fils aériens. — C'est là, d'ailleurs, la seule précaution prise contre les effets de ces dérivations et, surtout, de l'induction mutuelle des fils aériens. A mon avis, étant donné l'obligation de s'en tenir au simple fil, ce procédé, qui consiste à consentir un diamètre et une conductibilité spécifique assez élevés, me paraît être le plus simple; et c'est en même temps une solution très heureuse parce qu'elle améliore toutes les autres conditions de fonctionnement. Mais cette antiinduction, tout au moins partielle, suppose, comme nous l'avons déjà dit, que le fil considéré fasse partie d'une nappe à grand nombre de conducteurs, dans laquelle les effets d'induction sont en quelque sorte diffusés sur tous les fils voisins, dans une mesure d'autant plus large que les fils sont plus nombreux et meilleurs conducteurs. L'existence de ce phénomène et ses heureux effets, dont on se rend compte à la réflexion, semblent avoir été démontrés par la pratique courante.

Ces résultats que j'attribue à la conductibilité du fil de ligne, sont obtenus, il est vrai, en consentant une augmentation notable, 60 p. 100 environ, dans le prix

d'achat d'un kilomètre de fil par rapport au fil de bronze de 11/10 de millimètre; mais cette augmentation relative est, en réalité, bien moindre parce qu'il convient de rapporter la différence du prix d'achat du fil à l'ensemble de toutes les dépenses d'établissement de chaque artère du réseau : et l'on sait que les dépenses de main-d'œuvre, de réparations de toitures et d'entretien général représentent la majeure partie de la dépense totale.

Induction des lignes d'éclairage ou de transport d'énergie. — Les mesures de précaution prises contre l'induction des lignes de transport d'énergie électrique sont indiquées dans deux règlements administratifs de novembre 1892 et juin 1893. Les premiers visent les lignes d'éclairage et de transport d'énergie, en général, à l'exception des lignes de tramways électriques. Les seconds complètent les premiers en ce qui concerne les tramways.

Les particularités principales qu'on y relève sont les suivantes :

Les croisements doivent se faire à angles droits à 1 mètre de distance des fils télégraphiques ou téléphoniques pour les lignes aériennes, et à $0^{m},40$ au moins pour les lignes souterraines. Dans ce dernier cas, les lignes de l'Administration doivent être enveloppés d'un manchon en fer, revêtu lui-même d'argile en regard des lignes industrielles, et ce manchon doit se prolonger de $1^{m},50$ environ de part et d'autre du croisement. Lorsqu'une ligne de transport d'énergie électrique côtoie une ligne télegraphique ou téléphonique, partout où la distance est inférieure à 10 mètres, un dispositif spécial d'isolement doit être appliqué

sur la ligne industrielle. A cet égard, rien n'est précisé en ce qui concerne les lignes aériennes ; et l'instruction prévoit que l'on examinera et discutera dans ce but les propositions de l'industriel en tenant compte des circonstances et des cas particuliers. L'instruction est plus précise en ce qui concerne les lignes souterraines pour le même cas ; partout où la distance des deux lignes est inférieure à $0^{m},50$, le même dispositif que pour les croisements sera appliqué à la ligne de l'Administration : manchon en fer, avec chemise d'argile ; et le dispositif devra être prolongé de 2 à 3 mètres au delà de chacune des extrémités du parcours dangereux.

Pour les tramways d'autres mesures préventives sont ajoutées aux précédentes :

D'abord l'Administration n'admet que les courants de faible fréquence, s'il s'agit de courants alternatifs. Il serait même plus exact de traduire le texte par : « courant à très petit nombre de pulsations » si cette expression était usitée en France. Ce texte, en effet, semble prévoir le cas où l'industriel voudrait employer un courant continu de haute tension formé d'une succession rapide d'émissions de même sens. Dans ce cas, en effet, il y aurait à craindre pour les lignes téléphoniques des bruits d'induction très intenses comme dans le cas de certains courants alternatifs.

Si l'industriel veut employer les rails comme conducteurs de retour, on lui impose de réaliser ses joints de façon à donner une continuité électrique parfaite, ou mieux une excellente conductibilité.

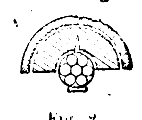
Les voies ne doivent pas être superposées à des lignes souterraines télégraphiques ou téléphoniques ; ces dernières seraient déplacées, à la convenance de

l'Administration et aux frais de l'industriel si les nécessités de la construction amenaient cette superposition dans le tracé.

Aux points de croisement, l'Administration exige l'emploi d'un dispositif spécial permettant d'éviter, dans le cas de la chute d'un fil, les contacts des deux lignes et par suite la propagation de courants dangereux sur les fils à faible intensité. L'instruction indique un dispositif qui est, en effet, employé à *Berlin* et que nous avons vu sur la ligne du tramway de *Gesundbrunnen* à *Pankow*. Il consiste en une série de fils tendus au-dessus et à faible distance des fils du tramway, supportés par les mêmes poteaux, et attachés à des cloches en porcelaine qui les isolent complètement du sol et des conducteurs d'énergie. De cette façon, un fil téléphonique, par exemple, venant à tomber, ne pourra en aucun cas prendre contact avec les conducteurs de la ligne de tramway parce qu'il sera retenu par cette sorte de filet isolé jusqu'au moment où on viendra le relever.

Un dispositif analogue est employé à *Dresde*.

Celui que l'on a adopté dans le même but pour les tramways urbains de *Hambourg* est différent des précédents (*fig.* 2). Une baguette isolante de section semi-circulaire est fixée sur le fil industriel et au-dessus de ce fil. Cette baguette est en bois de pitchpin creusée d'une gorge dans laquelle vient se loger le conducteur de tramway. Pour parfaire l'isolement, à cette baguette est superposée la moitié d'un bambou de même longueur et partagé en deux dans le sens de la longueur. Ce bambou vissé ou chevillé sur le pitchpin n'a aucun contact sur le fil métallique, et


Fig. 2.

c'est lui qui doit recevoir et retenir les fils téléphoniques qui viendraient à tomber.

Les dispositifs qui précèdent ont pour but d'éviter les dangers matériels qui résulteraient d'un contact accidentel entre les fils industriels et les autres. Ils préviennent aussi dans une certaine mesure les dérangements qui pourraient en résulter pour les appareils télégraphiques et téléphoniques. Quant aux bruits gênants pour le téléphone et qui seraient dus au voisinage des fils industriels, l'administration allemande ne paraît pas avoir arrêté, ni même déterminé de mesure générale. Je n'ai pu à cet égard recueillir d'avis ferme, et pour cause, puisqu'on ne connait guère pour l'instant que l'emploi d'un fil de retour, constituant avec le fil d'aller un circuit métallique complet sans terre, qui donne un résultat satisfaisant dans tous les cas. Or, pour ses réseaux, l'office allemand est actuellement dans l'impossibilité de doubler tous les fils tant à cause du nombre de ces fils que des appareils des bureaux centraux qui ont été construits pour le simple fil.

A Berlin, on ne ressent pas trop l'influence des fils des tramways; mais il faut dire qu'il n'y a (*) qu'une ligne de l'espèce entre l'extrémité d'un faubourg et la banlieue (de *Berlin-Gesundbrunnen* à *Pankow*).

Dans cette région, les fils téléphoniques sont peu nombreux, et ils sont d'ailleurs à une très grande distance de la ligne de tramway, une quinzaine de mètres au minimum aux croisements et plus de 30 mètres pour les plus rapprochés des autres points.

A *Dresde*, l'influence du tramway est très sensible

(*) A la fin de 1895.

sans être gênante, pour les fils qui vont du côté de *Neustadt* sur la rive droite de l'*Elbe*.

A *Hambourg*, pour un certain nombre d'abonnés, l'Administration s'est vue dans l'obligation de prendre un fil de retour. Le fil d'aller, partant du multiple du bureau central, entre chez l'abonné, sort du poste de celui-ci et vient aboutir directement à la terre du poste central, sans revenir au multiple puisque ce commutateur n'est pas disposé pour le double fil. En somme, l'abonné n'a pas de terre à son appareil, mais va la prendre au poste central au moyen d'un second fil.

De la sorte, tous les circuits d'abonnés, qui se trouvent dans le même cas, conservent entre eux, comme tous les autres, un point commun qui n'est autre que la prise de terre du bureau central.

Ce dispositif est un aveu et un argument en faveur du double fil. Il se rapproche du circuit métallique sans le réaliser entièrement, car la symétrie complète n'existe pas sur le circuit ainsi constitué ; d'autre part, les lignes d'abonnés, à cause de la terre commune, ne sont pas absolument indépendantes comme elles le seraient avec un circuit métallique; enfin la prise de terre peut encore présenter quelques inconvénients.

Toutefois, on atténue ainsi dans une assez large mesure les bruits d'induction, et on évite les dérivations par terre de l'abonné.

En Allemagne, on n'emploie pas le dispositif qui consiste à affecter un même fil de retour à plusieurs abonnés.

Les mesures préventives dont nous venons de parler

n'excluent pas, comme on pourrait le voir dans les documents précités, toutes celles que l'Administration allemande croirait devoir prendre dans la suite. Elle se réserve, en effet, dans tous les cas, le droit d'en exiger d'autres dont l'application serait faite toujours aux frais du concessionnaire. Cette disposition du règlement peut paraître excessive et même abusive; mais il y a lieu de remarquer que les intéressés conservent le droit d'en appeler aux tribunaux *ordinaires*, au lieu d'être obligés comme en France de recourir à des tribunaux *administratifs* pour les différends avec l'*Administration.*

Sourdines. — Il n'exite qu'un type de sourdine, qui est appliqué d'une façon systématique à tous les fils de part et d'autre de chaque appui. Cette sourdine est constituée au moyen d'un cylindre de caoutchouc, de $0^{m},10$ de longueur et de 15 millimètres de diamètre (*fig.* 3).

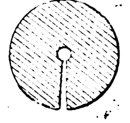


Fig. 3.

Ce cylindre est presque entièrement plein, car le vide intérieur a à peine 1 millimètre de diamètre. Il est fendu suivant un rayon, et c'est par cette fente qu'on introduit le fil de ligne. Ce tube de caoutchouc est placé sur le fil de ligne à 1 mètre de distance de l'appui; il est enveloppé d'une feuille de plomb de même longueur, de 12 millimètres d'épaisseur et de largeur suffisante pour l'envelopper complètement. Cette feuille de plomb semble n'avoir d'autre but que d'envelopper le caoutchouc pour en assurer la conservation, sans augmenter considérablement le poids de l'ensemble. Le tout est lié ensuite au moyen de quatre ou cinq spires de fil de $1^{mm},5$, qui compriment fortement

le caoutchouc sur le fil de ligne et l'empêchent de glisser; il importe de remarquer que ce fil à ligature se trouve limité à l'enveloppe de plomb et ne vient pas mordre sur le fil de ligne, de telle sorte que des trois parties constitutives de la sourdine une seule, le caoutchouc, est en contact avec le fil de ligne. On voit ainsi que cette sourdine, qui rappelle au premier abord certains dispositifs employés en France, en diffère notablement : le fil est emprisonné et même déformé sur une longueur de $0^m,10$ dans un corps mou, qui éteint et amortit ses vibrations; il peut être considéré sur cette longueur comme faisant partie intégrante de ce corps mou, et aucun de ses points en deçà n'est rattaché avec un autre point au delà par un corps présentant quelque élasticité. On a ainsi subtitué au fil ordinaire, sur une longueur de $0^m,10$, un corps mou, destiné à éteindre toutes les vibrations transversales ou longitudinales. Il semble que le résultat cherché a été atteint, si l'on s'en rapporte à la généralisation du dispositif, et à la satisfaction témoignée par les fonctionnaires allemands des téléphones. Le résultat suffirait à lui seul pour différencier complètement cette sourdine des dispositifs essayés en France et qui, à ma connaissance, n'ont jamais donné de résultats absolument satisfaisants dans tous les cas, sans exception.

Fils interurbains dans les traverses de villes. — J'ai dit plus haut que les fils interurbains étaient entièrement aériens jusqu'aux bureaux centraux. Je consacrerai un paragraphe spécial aux lignes interurbaines, et je me bornerai pour l'instant à dire comment se fait la traverse des villes jusqu'au central interurbain. Ces circuits sont

posés sur les mêmes herses que les fils d'abonnés; mais ils en sont bien distincts. On remarque, en effet, sur les herses qui portent un ou plusieurs de ces circuits, des montants verticaux plus longs que les voisins; et c'est alors à la partie supérieure de ces montants que se trouvent placés les circuits interurbains, tout à fait en dehors et au-dessus des nappes de fils du réseau local.

Tourelles de concentration. — En principe les fils d'abonnés sont amenés à une tourelle de concentration édifiée sur le bureau central. Toutefois, ces fils sont bientôt devenus tellement nombreux dans les grandes villes, et particulièrement à Berlin, que les tourelles de chacun de ces bureaux n'ont pu ni présenter, ni acquérir une capacité suffisante pour recevoir tous ces conducteurs, alors que les immeubles des environs se trouvaient pareillement surchargés de herses et encombrés de fils.

Aussi a-t-on disposé tout autour des bureaux centraux des cages de concentration à partir desquelles les fils cessent d'être aériens pour être raccordés à des câbles souterrains, dont il sera question ci-après. Ces cages sont formées par l'assemblage de quatre herses disposées aux quatre angles d'un rectangle. Des fils de raccordement, isolés avec des rubans de caoutchouc, servent d'intermédiaires entre les fils aériens et les câbles en papier. Les ligatures sont faites directement sur les fils à côté des isolateurs.

Les câbles de raccordement recouverts de plomb et armés en fer sont rassemblés dans des gaînes formées au moyen d'un simple assemblage de quatre planches. Dès qu'ils arrivent à la portée des habitants de l'im-

meuble ou du public extérieur, la gaîne de planches est remplacée par une gaîne en tôle, et dans sa partie inférieure par une petite conduite verticale maçonnée. De là, les câbles pénètrent dans une des chambres de raccordements qui seront décrites plus loin, et sont reliés aux câbles en papier.

Ces cages de concentration sont assez faciles d'accès. Elles sont généralement installées sur des toitures plates, assez fréquentes à Berlin, et sont munies, comme les herses, de planchettes sur lesquelles les ouvriers peuvent se mouvoir commodément et sans danger, car ces planchettes sont intérieures aux cages en question.

On remarquera que ces cages ont quatre faces, bien qu'au premier abord une de ces quatre faces, celle qui envisage le bureau central, semble inutile. C'est qu'en réalité on y amène des fils des abonnés venant de n'importe quelle direction, par exemple d'un abonné situé entre la cage et le bureau central, de façon à dégager autant que possible les abords de ce bureau.

Cette disposition en cages de forme carrée ou rectangulaire n'est pas exclusive, et l'on profite de toutes les circonstances qui permettent d'édifier d'une façon plus économique et plus simple une herse de concentration ou de raccordement avec les câbles souterrains. J'en citerai l'exemple suivant dans le voisinage du bureau III (*Oranienburger strasse*) : le bureau central est installé à l'un des étages du bureau télégraphique, situé lui-même à l'un des angles des rues *Oranienburger strasse* et *Artillerie strasse;* à l'angle opposé se trouve un bureau de poste. Le campanile octogonal de cet édifice porte, du côté de la cour intérieure, une herse

qui l'entoure à moitié. Cette herse est scellée contre la maçonnerie du campanile à $0^m,60$ environ en saillie. Dans l'intervalle est installée une banquette en planches qui permet d'aller d'un bout à l'autre de la herse. La plus grande partie des fils desservis par ce bureau n° III aboutit à cette herse. Les conducteurs des câbles de raccordement pénètrent à l'intérieur de l'édifice et arrivent au poste central après avoir traversé la rue sous la chaussée.

Quant aux tourelles de concentration proprement dites, il n'en existe pas de type défini. Dans chaque cas on s'est inspiré d'une façon très logique des circonstances locales et de la structure de l'édifice qui abrite le poste central. J'estime qu'il n'y a pas de meilleure façon de procéder.

Ainsi, pour le bureau n° III dont il vient d'être question, la tourelle n'est autre que le dôme qui couronne l'édifice. Ce n'est pas un ancien dôme que l'on a utilisé d'une façon timide et plus ou moins heureuse en y superposant des isolateurs; l'ossature du dôme a été, tout au contraire, mise complètement à nu, puis garnie de traverses horizontales qui supportent les isolateurs d'arrivée. L'édifice est ainsi couronné d'une façon assez bien motivée tant par le genre de construction que par le genre de destination de l'immeuble. Je n'adresserai qu'une critique à cet ensemble: les isolateurs en porcelaine blanche sont trop apparents tant à cause de leur couleur que par leur saillie en dehors de la coupole; la surface géométrique de celle-ci en est quelque peu dénaturée. Cet inconvénient aurait été évité si l'on avait fixé les isolateurs de façon à maintenir les porcelaines à l'intérieur de la coupole : elles auraient été à peu près dis-

simulées, et on aurait encore pu les masquer davantage en employant une porcelaine colorée. J'ajoute que cette disposition intérieure des isolateurs ne ferait que faciliter les travaux de pose et d'entretien.

A Dresde, nous avons vu un exemple particulier de tourelle réalisé par l'ensemble de deux tours jumelles qui couronnent les deux angles d'une façade de l'hôtel. Ici il faut bien reconnaître que l'idée n'est pas très heureuse ; et l'ensemble lui-même n'est pas d'un bel aspect. Les deux tours en question sont à base carrée. Les deux faces en regard, qui se masquent mutuellement, ne peuvent guère recevoir de fils, elles sont à peu près inutiles, et la capacité totale en est diminuée de près de 25 p. 100.

Câbles souterrains. — Comme je l'ai déjà dit, dans les principaux réseaux d'Allemagne, l'augmentation rapide du nombre des abonnés et le défaut de place sur les appuis ont obligé l'Administration à recourir à l'emploi de câbles souterrains aux abords des bureaux centraux, sans renoncer pour cela au principe des réseaux aériens. Les lignes souterraines servent simplement à rassembler un grand nombre de conducteurs dans l'espace le plus réduit aux abords du bureau central.

Les câbles employés sont généralement fabriqués par les maisons Siemens et Halske, et Fr. Clouth. Ils sont à quatorze conducteurs, de 28,5 de résistance par kilomètre à 15° centigrades.

Les fils de cuivre sont isolés au moyen du papier sec. Par-dessus le papier se trouve une bande de papier *métallique* (mélange de plomb et d'étain). Le

pas de l'hélice d'enroulement de ce papier métallique est légèrement supérieur à la largeur (1 centimètre environ) de la bande enroulée.

Ce métal, qui enveloppe ainsi chaque conducteur, est mis à la terre et il a pour but de diminuer les effets de l'induction mutelle d'un conducteur sur l'autre. Je ne crois pas ce procédé très efficace; il a, d'autre part, un grave défaut, celui d'augmenter notablement la capacité individuelle de chaque fil.

C'est là un des motifs pour lesquels cette capacité kilométrique peut aller jusqu'à 0,12, chiffre du cahier des charges *avec tolérance de* 5 *p.* 100, alors que nous exigeons en France que cette capacité ne dépasse pas 0,07 et que les fournisseurs se maintiennent dans les environs de 0,06, c'est-à-dire de la moitié de la capacité des câbles allemands.

Les conducteurs, câblés ensemble, sont enveloppés collectivement de papier, puis d'une tresse; et le tout est protégé par une enveloppe de plomb assez épaisse (environ 2 millimètres) pour supporter de fortes pressions. D'ailleurs le tube de plomb, à cet égard, est recouvert lui-même d'une armure de fils de fer qui donne encore à l'ensemble plus de résistance tant aux pressions qu'au frottement et à la traction. Entre le tube et l'armure on a enroulé une épaisseur de papier goudronné qui protège le plomb contre les actions chimiques ou électrochimiques réciproques des trois métaux (plomb, fer et zinc de la galvanisation) en présence de l'eau plus ou moins chargée de matières alcalines ou acides.

L'armure est composée de fils de fer galvanisés à section méplate dont le plus grand diamètre est de 3 millimètres environ. Ces fils sont très serrés les uns

contre les autres, et même chevauchent très légèrement l'un sur l'autre.

Le diamètre total du câble est de 34 millimètres; son poids de 4.300 kilogrammes environ par kilomètre.

Grâce à son armure extérieure, il peut être soit posé en tranchée, soit tiré dans des conduites, soit déposé dans des galeries ou exposé à l'air, soit encore suspendu et tendu comme des câbles à traction.

J'ai vu à Hambourg certains exemples du dernier cas, c'est-à-dire de câbles suspendus au-dessus des toitures, à la partie inférieure de herses déjà remplies de fils aériens. Cette application particulière, même avec son caractère provisoire, m'a paru être assez heureuse et très utile, parce qu'elle a permis de recourir aux câbles dont il s'agit sans aucune modification, et d'éviter des constructions dispendieuses de lignes en attendant l'achèvement de l'installation du nouveau central principal de Hambourg. Pour en faire autant avec nos câbles actuels en papier, il faudrait imaginer un dispositif spécial, ou en modifier le modèle.

Dans les réseaux allemands, on n'utilise pas les égouts; aussi les câbles qui nous occupent ne sont-ils déposés en galerie qu'aux arrivées des bureaux centraux, dans des galeries souterraines très courtes, et construites spécialement pour le service téléphonique.

Je n'ai pas vu d'exemple de ces mêmes câbles enfouis directement en tranchée. Il serait, d'ailleurs, assez difficile de justifier cette application, sauf dans des cas tout spéciaux, puisque l'office allemand n'emploie ce matériel, destiné à rassembler en un petit espace un très grand nombre de conducteurs, que pour se réserver la faculté d'augmenter ensuite leur

nombre à tout instant sur une même artère et suivant les besoins du service.

C'est pour cette dernière raison que les câbles sont tirés dans des conduites en fonte de très grand diamètre, dans lesquelles on peut ajouter de nouveaux câbles à volonté, au fur et à mesure du développement du réseau.

Le type général de ces conduites en fonte a $0^{m},30$ de diamètre intérieur. Elles débouchent dans des chambres de raccordements en maçonnerie de briques, de forme parallèlipipédique, dont les dimensions sont : $1^{m},50$, $1^{m},20$ et 1 mètre.

Le grand côté du parallèlipipède est dans la direction moyenne de la conduite.

Ces chambres sont relativement très spacieuses et permettent de procéder facilement aux opérations de tirage des câbles et à leurs raccordements. Elles sont fermées au moyen d'un premier couvercle de tôle et d'un second en fonte.

Pour raccorder les câbles entre eux, on commence par souder les fils l'un à l'autre, puis on les enveloppe individuellement de papier; on les enferme ensuite dans un fourreau que l'on remplit de paraffine.

Ceci nous amène à dire que les câbles dont il s'agit sont des câbles que le fournisseur livre obturés aux deux bouts; et la paraffine que l'on ajoute au moment des raccords ne fait que compléter cette obturation. Ils sont donc isolés à l'air sec *et confiné*, au lieu d'être *à circulation* d'air sec. En cas de dérangement, le câble ne peut guère être réparé sur place; il est vrai que, d'une part, les dérangements sont très rares à cause de la protection offerte par leur armature en fer; et que, d'autre part, il est facile de retirer du

caniveau un câble mauvais, pour le remplacer par un autre. Toutefois, l'air confiné ne présente pas les avantages de l'air en circulation : les points où a été pratiquée l'obturation sont en quelque sorte des points faibles parce que l'isolement y est moindre, la paraffine ayant un pouvoir isolant plus faible que l'air et le papier secs ; et ensuite parce que la capacité y est plus élevée, la paraffine ayant une capacité inductive spécifique plus élevée que le papier et l'air secs ; enfin la réparation des défauts est plus facile sur les câbles à circulation que sur les câbles obturés.

Pour les raisons qui précèdent, l'isolement des fils est de 100 mégohms par kilomètre, tandis qu'on exige 1.000 pour les nôtres.

Nous avons vu ci-dessus que leur capacité atteint 0,12.

Les câbles ne sont protégés par des paratonnerres qu'à une seule de leurs extrémités, à leur arrivé dans les bureaux centraux.

Le tirage dans les caniveaux, dont il a été question plus haut, se fait d'une façon très simple, au moyen d'un treuil et sans aucun dispositif spécial.

L'armure du câble joue dans cette opération un rôle très important, parce qu'elle protège le câble à cause de la dureté du métal (le fer) qui le recouvre extérieurement, et parce qu'elle facilite le tirage à cause de la dureté même des armures du câble en mouvement et des câbles sur lesquels il se déplace, à cause aussi de la forme de l'armure composée de fils méplats, serrés les uns contre les autres, et à spires de pas très allongé.

Il est certain que ce tirage serait encore plus facile si on lubréfiait les câbles, par exemple avec de la vase-

line, et si on leur donnait dans le tirage un mouvement de rotation en même temps qu'un mouvement de progression.

En résumé, les câbles téléphoniques en papier, employés en Allemagne sont inférieurs aux câbles de même espèce employés en France, au moins en ce qui concerne la confection des âmes. Mais j'estime que par leurs enveloppes extérieures ils présentent quelques avantages sur les seconds. L'armure en fer permet, en effet, de réaliser une économie notable sur une partie du plomb dont elle prend la place ; tout en étant plus économique elle protège le plomb de l'enveloppe contre les chocs, et contre les actions chimiques des agents extérieurs. Elle permet, en outre, de tirer les câbles dans des conduites sans les détériorer, et, d'une façon générale, de les manipuler et de les employer à peu près de toutes façons, sans aucun danger.

Ainsi ces câbles peuvent être immergés pour des traversées de rivières ou de canaux ; ils peuvent aussi être suspendus sans l'adjonction d'aucun dispositif spécial.

L'emploi en est très répandu en Allemagne. D'une statistique générale, il résulte qu'à la fin de 1894 il y avait déjà dans le réseau de Berlin environ 72 kilomètres de conduites ; et 37.500 kilomètres de fils souterrains. Ce dernier chiffre comprend les longueurs de câbles qui sont placées en dehors des conduites, par exemple celles qui s'étendent entre l'extrémité d'une conduite et les paratonnerres du bureau central.

Lignes interurbaines. — Les lignes interurbaines sont à double fil, en cuivre de haute conductibilité.

Ces circuits ne sont *jamais posée sur les appuis des*

lignes télégraphiques. Des lignes spéciales, généralement sur routes, portent les fils téléphoniques interurbains.

Les poteaux ou appuis de ces lignes spéciales sont armés d'une façon toute particulière. La *fig.* 4 montre la disposition adoptée pour les lignes ordinaires qui ne sont pas trop chargées en fils. Les conducteurs y sont disposés par paires sur un bras en fer, vissé alternativement sur chaque côté du poteau. Chaque paire d'isolateurs représente un circuit interurbain. Les deux fils d'un même circuit ne sont distants l'un de l'autre que de $0^m,20$; il paraît que cet écartement suffit et que les fils, une fois bien réglés, se mêlent très rarement. Ce résultat confirme un fait d'expérience, observé souvent déjà, et d'ailleurs relaté dans le *Traité pratique de Culley* : que deux fils parallèles et de même niveau se mêlent très rarement s'ils sont de même calibre, et surtout de *même nature*.

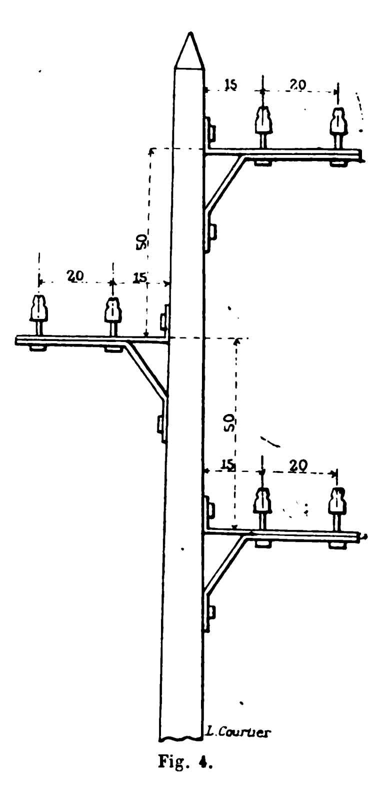


Fig. 4.

Les bras qui portent les fils sont à une distance verticale de $0^m,50$ l'un de l'autre.

Lorsque les lignes deviennent plus chargées, on place de nouveaux bras en fer en regard de chacun des bras déjà placés. L'intervalle d'un circuit à l'autre, sur un même plan horizontal, et entre les deux fils les plus rapprochés de ces deux circuits, est de 30 centimètres plus l'épaisseur de l'appui.

Ce même dispositif est adopté sur les herses des réseaux locaux pour les fils interurbains lorsque ces herses reçoivent de tels conducteurs.

Il est également applicable sur les lignes extérieures lorsque, celles-ci devenant de plus en plus chargées, on adopte le système de herses généralement employé sur les grandes artères télégraphiques. Cette herse est formée de deux poteaux ordinaires, assemblés parallèlement l'un à l'autre au moyen de traverses sur lesquelles on dispose les isolateurs. Les traverses sont encore ici du modèle que l'on retrouve partout sur les lignes télégraphiques et téléphoniques de l'Empire allemand, et qui est le même que celui que nous avons décrit à propos des herses téléphoniques sur toitures pour réseaux urbains; semblable aussi est le mode de fixation des isolateurs sur ces traverses ou sur ces bras en fer.

Une remarque très importante à faire au sujet de ces lignes téléphoniques est relative à ce fait que les circuits ne comportent aucun croisement destiné à annuler les effets de l'induction des fils voisins. Étant donné que ces circuits sont posés sur des lignes spéciales et assez éloignées de tout autre fil électrique, il n'y a pas à se préoccuper de l'induction des fils qui sont posés sur des appuis différents; mais il est difficile d'admettre que les effets de l'induction mutuelle des circuits, faisant partie d'une même ligne télépho-

nique, soient nuls. Peut-être sont-ils négligeables dans la pratique, c'est du moins ce qu'affirment les fonctionnaires allemands. On peut se l'expliquer, si le fait est exact, par cette considération que la distance moyenne des deux circuits les plus rapprochés est au moins égale à trois fois l'écartement des deux conducteurs d'un même circuit; peut-être aussi, avec cet écartement moyen, l'effet résultant de l'induction mutuelle est-il du même ordre que les courants dérivés d'un circuit sur l'autre, tantôt de même signe tantôt de signe contraire, de telle sorte que le résultat final, pour imparfait qu'il soit, paraît être sensiblement le même dans la pratique, que celui que donnerait tout autre procédé permettant de balancer les effets de l'induction de chacun des deux fils, toutes les fois qu'on ne peut pas supprimer entièrement les courants dérivés, et alors que ceux-ci sont du même ordre que les courants induits.

En un mot, les Allemands paraissent se contenter, pour éteindre pratiquement les bruits parasites de toute espèce sur les circuits interurbains, de constituer ces circuits au double fil, après les avoir posés sur des appuis spéciaux, sans recourir à aucun système de croisements.

Sur les grandes lignes interurbaines, on commence par disposer les circuits à une distance verticale de $0^m,50$ l'un de l'autre, et alternativement à droite et à gauche de chaque poteau. Lorsque toutes les rangées sont ainsi occupées on place de nouveaux circuits en regard des circuits déjà posés. Dans ces conditions, il doit arriver généralement que les nouveaux circuits, intercalés sont des lignes de moindre importance, de telle sorte que les circuits, qui ont un

long parcours commun, conservent l'un par rapport à l'autre l'écartement assez grand qui leur a été assigné en vue d'atténuer dans la plus large mesure possible les effets de l'induction réciproque.

Il convient aussi de remarquer que les communications interurbaines sont toujours données par l'intermédiaire de deux transformateurs (un à chaque extrémité) d'un modèle qui affaiblit notablement l'intensité des ondes phoniques; aussi les bruits parasites, s'ils sont déjà faibles, doivent être, grâce à ces transformateurs, à peu près annulés par rapport aux conversations, et même au détriment de ces dernières.

Diamètre des fils interurbains. — L'Administration allemande a adopté trois calibres différents pour les fils de cuivre de haute conductibilité des circuits interurbains.

De 0 à 50	kilomètres on emploie	des fils	de $2^{mm},5$
De 50 à 100	id.	id.	de 3
Au-dessus de 100	id.	id.	de 4

Cette méthode qui consiste à n'employer que trois calibres distincts suivant trois catégories de lignes, est sans doute très simple comme exposé et très commode pour le contrôle d'une Administration centrale ; mais elle me parait peu pratique. Car ce n'est pas prévoir les besoins de la pratique que de définir la longueur d'une ligne téléphonique par la distance des deux seuls postes qui la commandent. Il faut encore tenir compte des longueurs ou des conditions électriques des autres circuits avec lesquels elle peut être reliée, puisque le propre du service téléphonique est d'établir, à la demande, toutes les communication directes d'abonné à abonné, d'un réseau à l'autre.

Aussi à Berlin, par exemple, pour supprimer toutes les difficultés provenant de l'insuffisance technique des lignes, et aussi de certaines imperfections des postes interurbains, l'Administration allemande a-t-elle décidé de refuser toute communication interurbaine transitant par Berlin. Dans d'autres postes, des communications de transit pour être bonnes doivent être données à la rosace même, et exigent ainsi l'intervention d'un commis-surveillant en plus des deux téléphonistes préposées aux deux circuits.

Là encore il n'y a de méthode logique et efficace que celle qui consiste à donner à chaque cas particulier la solution technique qu'il comporte, après étude par des fonctionnaires compétents tant au point de vue technique qu'au point de vue des conditions locales.

Construction et entretien des lignes. — Je dirai en quelques mots ce qui caractérise le service de construction et d'entretien des lignes, en prenant un exemple, celui du réseau de Berlin.

Le service d'installation des lignes neuves ou des travaux d'ensemble (même d'entretien) est assuré par 6 équipes composées de 10 à 12 sous-agents qui marchent sous les ordres de la direction régionale de Berlin.

Le service de recherche et de réparation, au moins provisoire, des dérangements est exécuté par des sous-agents attachés à chacun des bureaux centraux. Ce personnel est sous les ordres immédiats du chef du poste central et marche sous ses ordres ou sous les ordres de ses délégués. Il va sans dire qu'à son tour le chef du bureau, qui *est spécialisé* comme *tous les chefs de service*, relève de la direction régionale.

Résumé. — Je vais récapituler les particularités remarquables des lignes téléphoniques allemandes en commençant par celles qui sont recommandables, et en finissant par celles qui me paraissent devoir être évitées.

Dans la première catégorie je citerai l'emploi du fil de cuivre de $1^{mm},5$; d'un modèle pratique de sourdine ; et un assez grand libéralisme dans les mesures de précaution prises ou à prendre contre les lignes électriques de transport de force. Je rappelle de même le genre de structure des tourelles et des cages de concentration qui se caractérise par l'utilisation des moyens existants ou des constructions projetées ; l'emploi de cages de concentration pour dégager les abords des bureaux centraux ; l'armure des câbles qui les rend plus économiques, plus durables et d'un emploi plus général ; l'installation sur lignes spéciales des fils interurbains.

On ne saurait de même recommander le modèle de herses adopté en Allemagne et appliqué indistinctement à tous les cas, ni l'emploi du simple fil pour les réseaux urbains.

Les appuis posés sur toitures, qui sont une gêne pour les particuliers et pour le service, méritent les mêmes critiques qu'en France ; ils seraient avantageusement remplacés par des poteaux spéciaux d'aspect plus ou moins élégant plantés en bordure des trottoirs ; ceux-ci faisant place eux-mêmes à des lignes en câbles partout où le nombre des fils deviendrait assez grand.

Les trois calibres adoptés pour les fils interurbains sont insuffisants pour assurer toutes les communications.

D'une façon générale, le service de construction est beaucoup trop enserré dans une réglementation trop spéciale. Il est vrai que les agents chargés de ces constructions manquent des connaissances techniques ou de l'instruction générale nécessaire à cet effet, et que la réglementation étroite, dont il s'agit, a pour but d'y suppléer. Le résultat est que toutes les installations présentent des défauts de principe visibles au premier aspect, car des règles, ou plutôt des *recettes* pour chaque cas particulier, ne peuvent pas remplacer les principes techniques.

Pour expliquer ce vice d'organisation et en justifier la critique je rappellerai que le service des ingénieurs est limité, en Allemagne, à cinq ou six fonctionnaires, jouant, à l'Administration centrale, le rôle de Conseils réunis en une sorte de comité technique, et sans action directe sur les services d'exécution; de là l'infériorité de ces derniers services.

Mais il ne convient pas maintenant de trop appuyer sur cette critique qui pourrait être retournée, au moins en partie, à l'organisation française; car la compétence administrative de nos ingénieurs n'a pas été étendue, en France, à toutes les parties du territoire.

On a cherché à suppléer à ces défauts, et sans le vouloir on est arrivé à des moyens analogues à ceux des Allemands; rédaction, par des comités, d'instructions qui ne cessent d'être étroites que pour devenir compliquées ou réciproquement, instructions qui à l'origine devaient remplacer, là où elle manquait, l'action dirigeante des ingénieurs, et qui ont fini par être imposées à ceux-ci et paralysent leur initiative.

II. — Installations intérieures.

1° Postes des abonnés.

Les appareils des abonnés sont fournis et installés par l'Administration sans supplément sur le prix de l'abonnement annuel. Ils sont, à très peu d'exception près, d'un modèle uniforme représenté par la *fig.* 5.

Tout abonné, qui désire un appareil de luxe, en formule la demande à l'Administration, qui d'après ses indications en fait l'achat, à charge de remboursement, et l'installe après s'être assurée du bon fonctionnement de l'appareil.

Comme microphone et bobine d'induction, l'appareil ordinaire ne présente rien de remarquable. Le microphone est du genre à baguettes de charbon. Les récepteurs sont du modèle *Siemens :* ils sont assez sonores, à cause du grand diamètre de la membrane vibrante, mais en revanche ils sont très lourds et d'un maniement pénible. Je ferai remarquer, en passant, que les Allemands, soit à cause des défectuosités de leurs lignes ou de leurs appareils, soit pour tout autre motif, ont l'habitude de parler très fort ou plus exactement de crier en téléphonant.

Appel. — L'appel se fait généralement au moyen d'une petite machine magnéto du genre *Siemens.* Le premier mouvement de la manivelle, comme dans les

magnétos employées en France, a pour effet de substituer sur la ligne la machine d'appel à l'ensemble des autres appareils. Mais la différence essentielle, que l'on remarque dans le montage, consiste en ce que l'appareil d'appel, machine ou clé de pile, est à l'entrée de la ligne; de telle sorte que l'abonné peut appeler soit avant, soit après avoir décroché ses écouteurs. Cette particularité du montage ne présente rien de bien original; mais elle a, par rapport à notre montage, cet avantage appréciable de diminuer notablement la durée des mises en communication, l'abonné se trouvant prêt à écouter ou à parler au moment même où il appelle, et prêt aussi à rappeler si ses premiers appels n'ont pas reçu d'effet, puisqu'il peut appeler sur la position d'écoute.

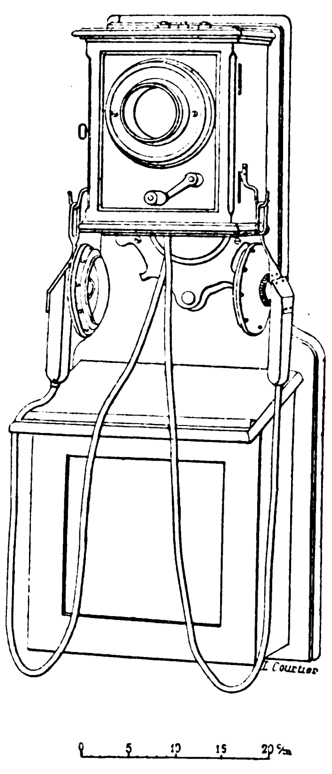


Fig 5.

Piles. — Les piles employées sont du type *Leclanché;* mais dans un grand nombre de postes on a installé des piles *Gassner*. La petite armoire pupitre que l'on voit au-dessous de l'appareil de la *fig*. 5 est

destinée à recevoir deux éléments; l'un de ces éléments est affecté au microphone et l'autre à l'épreuve ou test dont nous parlerons plus loin.

Les agents du service téléphonique allemand affirment que les éléments *Gassner* durent en moyenne dix-huit mois, souvent même près de deux ans. Les éléments *Leclanché* dureraient dans leurs réseaux près d'un an seulement, c'est-à-dire notablement moins que les précédents, mais cependant bien plus encore qu'on ne l'admet chez nous.

Paratonnerres. — Chaque appareil d'abonné comprend un paratonnerre à pointe et un paratonnerre à bobine enfermé dans la boîte même de l'appareil. Le paratonnerre à pointe ne mérite aucune mention spéciale; il n'en est pas de même du second. Celui-ci est, d'ailleurs, du même modèle que ceux qui sont installés à l'autre extrémité de la ligne, aux bureaux centraux et groupés par séries de 28, comme nous le verrons plus loin. Il se compose d'une petite bobine enroulée de fil de fer recouvert et représentée à peu près en grandeur naturelle par la *fig.* 6. La carcasse de cette bobine est en laiton, et elle est dépourvue de noyau central. Un bloc d'ébonite coiffe sa partie supérieure, et porte les deux vis d'attache des extrémités du fil enroulé. Pour mettre la bobine en place, on l'enfile sur une tige métallique fixée sur la planchette de l'appareil et qui s'introduit dans le noyau creux de la bobine en mettant la carcasse à la terre parce qu'elle est elle-même reliée à la terre. On pousse la bobine à fond et les deux vis d'attache viennent prendre contact sur deux équerres métalliques reliées l'une à la ligne extérieure, l'autre à l'appareil. Dans ce mouvement, le

bloc d'ébonite écarte un ressort *r* qui, avant l'introduction de la bobine, reliait métalliquement les deux équerres et par suite assurait la continuité métallique

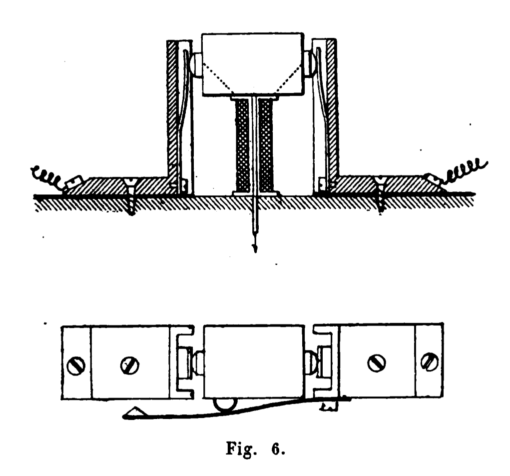


Fig. 6.

de la ligne. Si, au contraire, on vient à extraire la petite bobine pour examiner le paratonnerre, le ressort reprend sa position de contact et assure les communications pendant ce temps.

Abonnés desservis par la même ligne. — L'Administration allemande admet que deux postes soient desservis par la même ligne; mais elle n'en accepte jamais plus de deux, et encore faut-il que l'abonné intermédiaire ne soit pas à une distance de plus de 500 mètres du tracé de la ligne normale qui relierait directement au bureau central l'abonné le plus éloigné. Lorsqu'il en est ainsi, on introduit les deux côtés de la ligne dans le poste intermédiaire. On n'a donc jamais des postes greffés en dérivation; le mode de liaison est le plus élémentaire que l'on puisse imaginer : le poste

intermédiaire commande absolument la ligne et joue le rôle de poste central secondaire. Il peut, à volonté, relier le poste extérieur au bureau central, après avoir embroché sur la ligne une sonnerie indépendante, ou bien mettre l'un des deux fils sur cette sonnerie et l'autre sur appareil ou sur sonnerie de l'appareil.

Appareils pour communications interurbaines. — Il n'existe pas de type spécial d'appareil pour communications à grande distance. Tout abonné indistinctement, par le fait même de son abonnement, acquiert le droit aux communications interurbaines, qui sont taxées individuellement à un taux très réduit, mais ne donnent pas lieu au versement d'une provision. L'appareil que l'Administration lui fournit doit donc convenir aux communications à grandes distances et par suite à toutes les autres.

Il n'existe, dans les réseaux allemands, ni stations automatiques, ni cabines à perceptions automatiques.

Cabines. — Les appareils des cabines téléphoniques sont les mêmes, et sont installés de la même façon, que ceux des postes d'abonnés. Il n'existe qu'une différence pour certains postes comprenant plusieurs cabines et un employé pour les desservir : elle consiste en ce que les fils de toutes ces cabines sont renvoyées à un petit tableau commutateur central, au moyen duquel l'employé peut donner tel ou tel fil à chacune des cabines. Ce commutateur est presque toujours une fraction d'ancien tableau *Siemens*, autrefois employé dans les bureaux cen-

traux, et que l'office allemand utilise actuellement dans les petits bureaux centraux, comme nous le verrons plus loin, ainsi que dans les installations du genre de celle qui nous occupe.

Les cabines elles-mêmes sont presque toujours en bois; mais elles sont bâties en briques, lorsqu'elles sont groupées. Ni les unes ni les autres ne paraissent rien présenter de bien original. Toutefois elles m'ont paru suffisamment *sourdes :* de l'extérieur on entend très peu la personne qui téléphone, même si elle crie, dans aucun cas on ne perçoit ses paroles; de l'intérieur, au sein du silence de la cabine, on parvient à distinguer les paroles d'une personne qui parle un peu fort à 2 mètres environ de la porte, et pourvu qu'il n'y ait pas d'autres bruits à l'extérieur. Dans aucun cas les bruits extérieurs ne sont importuns.

J'attribue ces qualités des cabines à ce fait que tous les joints, y compris ceux des portes lorsqu'elles sont fermées, sont capitonnés et obturés avec le plus grand soin.

Les cabines de la Bourse de Berlin sont groupées dans les sous-sols, au nombre de 92, dont 12 spécialement affectées au service interurbain. Je mentionne simplement qu'il y avait, en octobre 1895, vingt-huit villes, autres que celles de la banlieue, reliées directement avec Berlin, ce qui justifie pleinement ce nombre de 12 cabines spéciales. Les unes et les autres sont très spacieuses (environ 2 mètres sur $1^m,50$).

Entretien. — L'entretien courant des postes est assuré, en tenant compte des aptitudes individuelles, par le même personnel qui assure l'entretien courant des lignes, c'est-à-dire le relèvement des dérange-

ments ordinaires. L'effectif d'un bureau central à Berlin, par exemple, est d'une dizaine de sous-agents, comme je l'ai déjà dit à propos des lignes.

Ces sous-agents sont munis d'un petit appareil magnétique portatif (*fig.* 7) qui, pour localiser plus vite les dérangements, leur permet de correspondre

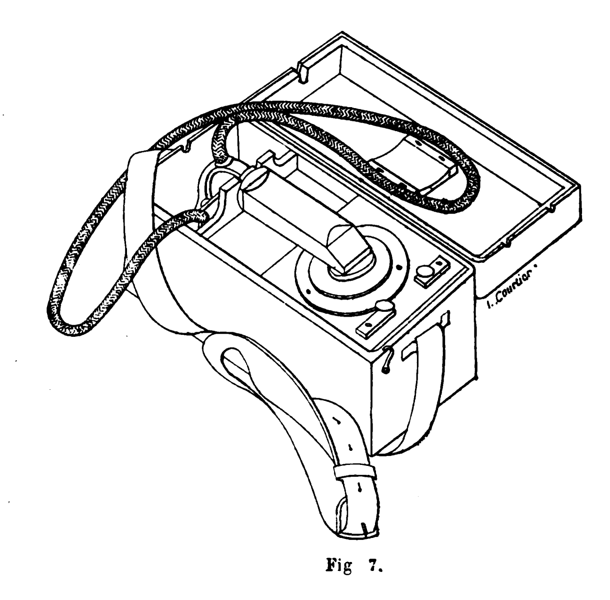


Fig 7.

avec un poste quelconque, en se greffant en un point quelconque de la ligne.

2° Grands bureaux centraux.

Dans ce chapitre, je passerai en revue les divers sujets qui se rapportent à l'installation téléphonique des grands bureaux centraux, et j'en indiquerai au passage les plus remarquables.

Par grand bureau, j'entends tout poste central desservi par un commutateur multiple. Je crois inutile de rappeler les principes des commutateurs multiples.

Dans l'empire d'Allemagne, l'appareil multiple est adopté pour tout bureau dont le nombre d'abonnés dépasse 500 et tend à se rapprocher rapidement de 1.000.

Un grand nombre de bureaux sont déjà pourvus de multiples. Tels sont les sept postes centraux de *Berlin;* le central de *Dresde;* les sept de *Hambourg*, et celui d'*Altona* dans la banlieue de *Hambourg*, le central de *Cologne.* Ce sont les bureaux que nous avons visités; mais ils ne sont pas les seuls, et on pourrait citer parmi les autres : *Munich*, *Stuttgard*, *Nürnberg*, *Francfort-sur-le-Main*, *Brême*, *Leipzig*, *Bochum*, *Dortmund*, *Dusseldorf*, *Stettin*, *Cassel*, *Crefeld*, etc... Les plus anciens de ces multiples à Berlin sont en service depuis une dizaine d'années, ils sont du type monocorde; les nouveaux, au contraire, et *à fortiori*, les appareils en construction ou en projet, sont du type dicorde, parce que la supériorité de ce système sur l'autre a été nettement démontrée par l'expérience, aux deux points de vue technique et de l'exploitation qui, dans l'espèce, ne font qu'un.

Monocordes et dicordes sont tous, sauf celui de *Nürnberg*, *des multiples à simple fil.*

Puisque les multiples du genre monocorde sont actuellement condamnés, je ne m'arrêterai pas longtemps à leur description.

Le réseau de *Berlin* comprend six appareils de cet ancien type, parce que les six postes centraux où ils sont installés sont eux-mêmes relativement anciens; le dernier installé, celui du quartier de Moabit, est au

contraire du type dicorde ; de même on a mis en essai dans le bureau n° 6 (*Lutzow Strasse*) une section d'un multiple *dicorde* dont je ferai plus loin une mention spéciale.

A *Dresde*, l'installation étant toute récente, le tableau est dicorde.

Hambourg comprend sept postes centraux, comme Berlin ; le dernier installé de ces postes est desservi par un dicorde : le faubourg de *Altona* est également doté d'un multiple dicorde, et c'est un appareil du même type qui dessert le principal bureau de *Hambourg*.

L'installation du central de *Cologne* est également faite avec un dicorde; de même pour les bureaux de *Munich*, *Stuttgard*, *Nurnberg*, *Francfort-sur-le-Main*, *Brême*, *Leipzig*, etc... (Voir l'énumération ci-dessus.)

Dans tout ce qui va suivre, je supposerai connus les principes généraux des commutateurs multiples.

Multiples monocordes. — Le caractère distinctif d'un monocorde consiste en ce que chaque ligne d'abonné est reliée à un cordon terminé par une fiche, dont l'ensemble constitue un prolongement ou une greffe de la ligne de l'abonné sur le tableau qui porte en même temps son annonciateur et le jack individuel. Les jacks généraux sont en aussi grand nombre que le comporte la capacité du multiple considéré.

Pour mettre en communication deux abonnés, la téléphoniste introduit la fiche de l'abonné appelant dans un jack de l'abonné demandé.

Les jacks généraux, dans tous les multiples monocordes que j'ai vus ou sur lesquels des renseignements ont pu m'être fournis, sont montés en série les uns

sur les autres. De telle sorte que les commutateurs dont je m'occupe, sont en définitive des multiples monocordes à simple fil et à jacks en série.

Pour entrer plus avant dans les détails de ces appareils, je ne saurais mieux faire que de rappeler la description qui en a été faite par un fonctionnaire de l'Administration allemande même, M. *R. Petsch*, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (février 1889, p. 103).

Je ferai remarquer simplement que ce multiple est du type dit « en série » et que le mode de test ou d'épreuve est le même que celui dont nous parlerons à propos des dicordes.

Cette description est suivie d'appréciations favorables au système, mais qui, depuis 1889, n'ont pas été sanctionnées par l'expérience.

L'auteur déclare que le système monocorde exige, pour desservir les appareils, un personnel beaucoup moins nombreux que le système dicorde. Il ajoute que les chances inévitables de dérangements dans les parties dont le fonctionnement est automatique, ainsi que dans les cordons, jacks, etc., sont pour le moins moitié moins nombreuses, puisque les accessoires de ce genre sont moitié moins nombreux que dans le système dicorde. L'auteur n'indique pas d'une façon précise quel est le second terme de sa comparaison, c'est-à-dire l'appareil dicorde auquel il fait allusion ; cette indication serait nécessaire, car, avec les dicordes généralement en usage, il est un fait établi par la pratique : que le personnel est un peu inférieur au personnel nécessaire au monocorde, parce que les *pièces* à manœuvrer dans chaque section sont moins nombreuses que dans le système monocorde qui exige un cordon par abonné, au lieu d'un nombre *fixe* et

restreint de cordons par tableau; pour la même raison, les chances de dérangement y sont moins nombreuses; et, dans tous les cas, leurs conséquences sont moins graves, puisque le dérangement d'un cordon, celui-ci étant indépendant, n'a aucun effet sur le circuit de l'abonné : il suffit de recourir à un autre cordon.

La suppression d'annonciateurs spéciaux de fin de conversation et l'emploi à cette fin de l'annonciateur d'appel de l'abonné semblent également condamnés par la pratique comme on l'avait prévu; car ils peuvent donner lieu à quelques confusions entre les signaux d'appel ordinaires et les signaux de fin de conversation, et entraîner quelque hésitation dans les manœuvres de la téléphoniste. D'autre part, la pratique a dû, avec la théorie, condamner l'emploi d'un même électro à deux fins, car une même résistance et surtout un même coefficient de self-induction ne conviennent généralement pas dans les deux cas.

Pour le multiple qui nous occupe, en particulier, on voit qu'un électro (et quelques fois deux) demeure *embroché* sur la ligne quand une communication est établie. On ne saurait trop critiquer cette disposition avec les électros dont il s'agit.

D'une façon générale, les manœuvres de la téléphoniste sont plus nombreuses et moins « automatiques » avec les monocordes qu'avec les dicordes. Avec les premiers, l'employée doit d'abord porter ses regards dans la région des annonciateurs quand le volet de l'un d'eux tombe et relever ce volet, puis faire une recherche dans la rangée des fiches pour trouver la fiche correspondante et saisir cette fiche; répéter ces mêmes manœuvres sur la planchette des clés pour écouter ou appeler, et enfin rechercher le jack de

l'abonné demandé pour y enfoncer la fiche de l'appelant. Dans le système dicorde, deux de ces recherches, avec les manœuvres qui en sont la suite sont à peu près complètement supprimées, puisque la téléphoniste saisit au hasard une des paires de cordons doubles avec fiche, qui sont indépendantes des autres parties de l'appareil et dont le choix est indifférent. Dans tous les cas, ces manœuvres ne peuvent donner lieu à aucune hésitation, puisqu'elles n'exigent aucun choix des organes à employer.

En même temps que moins nombreuses, elles sont sensiblement plus rapides; et l'on comprend que les téléphonistes puissent ainsi desservir plus promptement et plus sûrement un plus grand nombre d'abonnés; d'où il résulte que le personnel peut être sensiblement réduit.

La simplification des organes accessoires et du montage des connexions entraîne aussi, avec les commutateurs dicordes, une économie notable dans le prix d'achat par rapport aux monocordes de même capacité.

Les considérations, que je viens d'exposer, ont été mises en évidence par la pratique de plusieurs années; et aujourd'hui, pour toute installation nouvelle, il n'est jamais plus question de multiples *monocordes;* on ne songe même pas à réutiliser après réparation, pour desservir des bureaux de moindre importance, les appareils *monocordes* qui seraient enlevés d'un bureau pour un motif quelconque. Il en est de même pour les petites installations, par exemple pour les petites tables interurbaines, comme nous le verrons plus loin; c'est toujours un système dicorde qui est adopté, alors même que l'installation ne comporte aucun multiplage de jacks.

D'ailleurs le dernier paragraphe de l'article précité est un aveu indirect en faveur du dicorde, et vient détruire en quelque sorte ses appréciations favorables au monocorde. L'auteur recommande, en effet, l'installation, dans chacune des sections du multiple monocorde, d'une paire de cordons du système dicorde, accompagnées de deux annonciateurs de fin de conversation et des accessoires correspondants ; de la sorte si *un dérangement* survient *dans l'un des « cordons ou dans l'un des commutateurs*, l'employé, dit-il, peut, pendant que l'on remédie à ce défaut (ce qui n'est jamais bien difficile), établir à l'aide de cette installation auxiliaire les communications que peut éventuellement demander l'abonné intéressé. »

L'auteur reconnaît donc d'abord que l'on ne saurait se passer de cordons « dicordes » et indépendants, c'est-à-dire dont les dérangements ne risquent pas d'affecter les lignes d'abonnés. Puis il en prévoit l'emploi pour suppléer aux cordons « monocordes » sur lesquels se manifesterait un défaut, jusqu'au moment où ce défaut aura été réparé. Or, un défaut dans un cordon, lorsque ce cordon est le prolongement d'une ligne d'abonné, équivaut à un dérangement sur cette ligne ; il s'ensuit, que dans la plupart des cas, ce défaut entraîne la suspension des communications de l'abonné jusqu'après réparation, et le remède n'est pas d'une application bien générale.

Le vœu de l'auteur a été réalisé et même dépassé dans les monocordes de Berlin, car non seulement chaque section, mais encore chaque tableau est muni de cordons *dicordes*. Ces cordons ne sont pas toujours employés pour suppléer aux monocordes devenus accidentellement défectueux parce que ces défauts

immobilisent le plus souvent la ligne de l'abonné comme nous l'avons dit; en réalité ils servent plus fréquemment aux communications *normales*, parce que les téléphonistes les préfèrent aux autres; leur manipulation étant plus commode et plus rapide que celle des monocordes. Néanmoins, ils permettent encore de suppléer aux monocordes dans quelques cas, par exemple lorsque l'un de ces cordons présente comme défaut une solution de continuité ou lorsqu'il a été enlevé pour réparation.

Avant son adoption définitive et exclusive le système dicorde était donc superposé déjà au système monocorde, sur les appareils monocordes eux-mêmes; et je crois que c'est là un des meilleurs arguments en sa faveur.

Aussi j'en conclus qu'il faut s'en tenir au système dicorde jusqu'au jour où les monocordes auront reçu, s'il est possible, un perfectionnement qui les mettra au-dessus des autres.

En Allemagne, vu le grand développement du service téléphonique, les preuves matérielles de la supériorité du dicorde sont tellement nombreuses qu'il est impossible de ne pas être frappé de son évidence. Cette évidence s'étend aux petits bureaux; on a eu, en France, une tendance à traiter ces derniers d'une façon plus négligée, tandis que l'intérêt bien compris du service téléphonique, pour la sûreté et la rapidité des communications, doit les faire considérer comme des prolongements des grands bureaux auxquels ils sont reliés par des circuits interurbains, et les faire doter d'appareils réduits et simplifiés *mais de même système;* et il n'est pas difficile de trouver un appareil dicorde plus économique que n'importe quel monocorde.

En résumé, tous les nouveaux multiples que l'on a installés en Allemagne sont exclusivement du système dicorde; quant aux monocordes qu'on y rencontre, ce sont des commutateurs anciens qui doivent être remplacés peu à peu par des appareils dicordes.

Parmi les *monocordes* condamnés je me contenterai de citer les suivants :

1° Celui du central n° 1 de *Berlin* (*Französischestr.*) qui est équipé pour 6.000 lignes.

2° Celui du central n° 3 de *Berlin* (*Oranienburger str.*) dont nous avons déjà parlé à propos des lignes extérieures.

Il comprend sur chaque section 4.600 jacks généraux multiplés : soit 600 de lignes auxiliaires de départ, et 4.000 d'abonnés, dont les annonciateurs sont répartis sur 20 sections de 20 numéros. Il comprend en outre 600 lignes auxiliaires d'arrivée et réparties sur 6 sections de 100 annonciateurs.

3° Le monocorde du central n° 4 (*Prinzessinen str.*).

Chaque section comporte 4.500 jacks généraux : soit 700 de lignes auxiliaires de départ, et 3.800 d'abonnés répartis sur 19 sections.

4° Celui de l'ancien bureau central de *Hambourg*.

Cet appareil est équipé pour 4.400 lignes dont 400 lignes auxiliaires de départ et 400 d'arrivée.

Un autre commutateur pour 2.400 lignes, dont 200 lignes auxiliaires de départ et 200 lignes d'arrivée, est installé dans une pièce contiguë; mais il n'est pas multiplé avec le premier.

Ils constituent donc deux centraux distincts dont le premier peut desservir 4.000 abonnés et le second 2.000 abonnés.

Le nouveau bureau principal de Hambourg doit être desservi par un dicorde.

Quelle que soit la valeur technique des appareils que nous venons de citer, il convient néanmoins de remarquer le soin avec lequel ils ont été installés par la *Western electric C°;* et surtout le soin apporté par l'Administration allemande à leur aménagement dans des salles spacieuses et presque luxueuses, très bien éclairées et non moins bien aérées.

Par le nombre de ces multiples monocordes on voit que l'Administration allemande a mis une certaine lenteur à acquérir la conviction de la supériorité des dicordes et qu'elle a dû faire ainsi une école coûteuse.

Plus heureux en France, nous avons évité les monocordes, tout au moins en ce qui concerne les grands bureaux; et bien que nous ayons profité des observations faites à l'étranger, il faut reconnaître quelque mérite à ceux qui, dès la première heure, ont arrêté leur choix sur les dicordes.

Multiples dicordes. — Le caractère essentiel des commutateurs *dicordes* est que les groupes d'organes, servant à relier une ligne d'abonné avec tout autre circuit, sont indépendants de cette ligne et indépendants entre eux, de telle sorte qu'un dérangement quelconque de ces organes n'affectera jamais la ligne de l'abonné.

Ce but est facilement atteint par l'emploi de cordons indépendants, munis d'une fiche de connexion à chacune de leurs extrémités, et sur lesquels on peut greffer par une manœuvre rapide, et à volonté, soit un appareil de téléphoniste, soit un électro permettant de recevoir les signaux de l'abonné tels que le signal de

fin de conversation. Cordons, téléphone d'opérateur, électro, etc..., sont indépendants de la ligne de l'abonné; et la téléphoniste n'a aucun choix spécial à faire, au cours de ses opérations, dans la série de ces organes étalés devant elle.

Les cordons employés dans ce système ont été considérés à l'origine comme doubles probablement parce qu'ils étaient munis de deux fiches, une à chaque bout : de là sans doute l'étymologie de *dicorde :* dénomination assez défectueuse, parce que ce qui frappe au premier aspect, c'est que les dicordes présentent beaucoup moins, environ trois fois moins, de cordons que les *monocordes*.

Je ne reviendrai pas sur les avantages du système dicorde parce qu'ils ressortent assez nettement de la critique que j'ai faite ci-dessus à propos de la comparaison présentée dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* entre les deux systèmes.

Multiple dicorde de la maison Stock de Berlin. — Le premier multiple dicorde que nous ayons vu en Allemagne est celui qui est installé au bureau central du quartier de *Moabit* à Berlin. Sa capacité est de 6.000 abonnés; mais il n'est équipé actuellement que pour 5.400 lignes, dont 4.800 lignes d'abonnés à simple fil, 600 lignes auxiliaires de départ et 600 lignes d'arrivée. Les jacks en sont montés en série, et les annonciateurs doivent être relevés à la main.

Il a été construit par la maison *Stock de Berlin*.

Nous avons également vu des multiples du même modèle dans les bureaux de *Dresde* et d'*Altona* dans la banlieue de *Hambourg*.

Le premier est équipé pour 5.000 jacks multiplés ;

sa capacité réelle est de 6.000 parce que la place est réservée et les mesures sont prises pour le montage de 5 autres sections de 200 numéros.

Le multiple d'*Altona* est équipé pour 1.800 abonnés à répartir sur 9 sections, pour 200 lignes auxiliaires de départ, et il comprend, en outre, 3 sections pouvant desservir chacune 50 lignes d'arrivée.

Le même constructeur a fourni les appareils du même genre pour les bureaux suivants :

Brême, central unique équipé pour 2.400 abonnés;

Francfort-sur-le-Main, équipé pour 6.000 abonnés ;

Leipzig, équipé pour 3.000 abonnés, plus 200 lignes auxiliaires de départ, et comprenant 2 sections de 100 lignes d'arrivée chacune;

Nürnberg, équipé pour 2.000 abonnés avec 100 lignes de renvoi sur le tableau interurbain. Le central de *Nürnberg* présente ceci de remarquable, qu'il dessert un réseau au *double fil*, le seul de l'espèce en Allemagne.

L'aménagement des bureaux, dans lesquels ces appareils sont installés, ne laisse rien à désirer au point de vue de l'espace, de l'air, et surtout de la lumière.

Les multiples, dont il vient d'être question, sont ceux qui, à ma connaissance, ont été construits par la maison *Stock et Cie de Berlin*; mais je n'entends pas par là qu'ils soient les seuls.

Après les indications générales que j'ai données à leur sujet, et les spécifications particulières à chacun d'eux, il me suffira de présenter de l'appareil *Stock* une seule description qui s'appliquera à tous les exemplaires, aux modifications de détail près.

Ce multiple est combiné pour des lignes à simple fil (sauf le cas de *Nürnberg*) ; et les jacks sont montés en

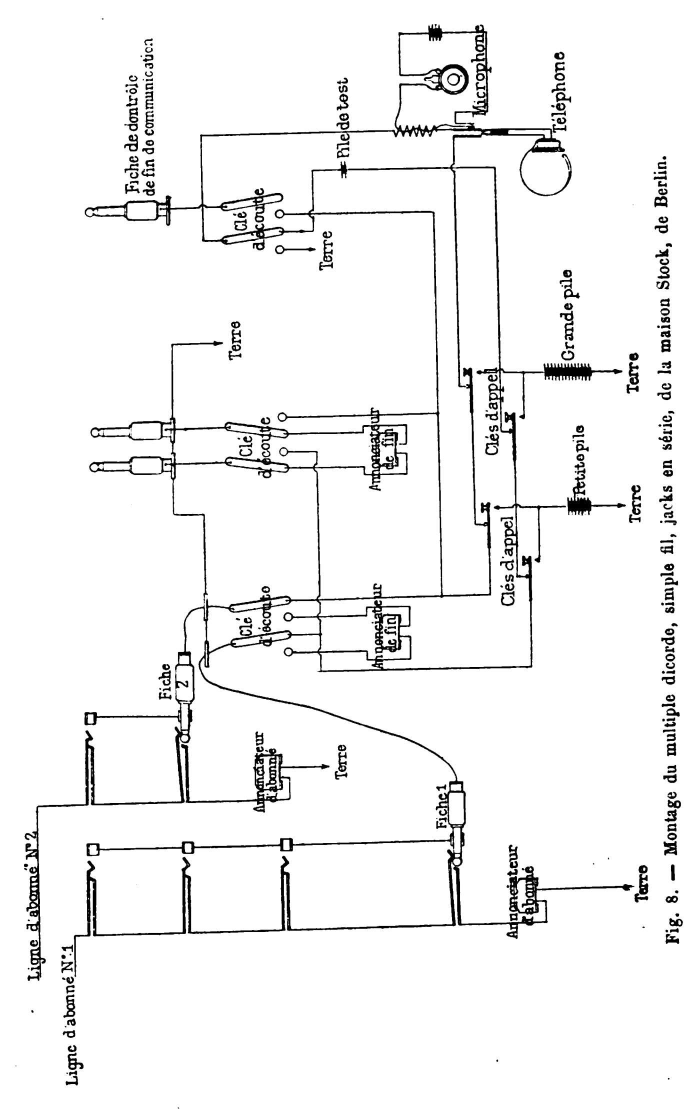


Fig. 8. — Montage du multiple dicorde, simple fil, jacks en série, de la maison Stock, de Berlin.

série. La capacité du *meuble* peut atteindre 6.000 numéros, bien que l'équipement ne soit pas en général

disposé ou ménagé pour arriver jusqu'à ce chiffre.

La *fig.* 8 ci-jointe représente le montage électrique des divers organes de l'appareil.

On voit d'abord sur la partie gauche supérieure de ce croquis deux lignes d'abonnés, qui traversent successivement tous les jacks. Ceux-ci sont montés en série les uns sur les autres, et identiques entre eux. Le jack individuel ne diffère des jacks généraux que par sa position par rapport au parcours du fil de ligne : c'est le dernier jack sur ce parcours. De là résulte, comme dans le montage ordinaire en série, un parcours obligé pour ceux des fils intérieurs qui constituent dans le meuble les prolongements des fils de ligne : ils doivent aller retrouver le jack général le plus éloigné du jack individuel afin de passer successivement en cascade sur tous les jacks sans exception.

Après le jack individuel la ligne pénètre dans l'annonciateur de l'abonné correspondant, et aboutit, enfin, à la terre.

Les jacks comprennent deux ressorts en contact l'un sur l'autre au moyen d'une pointe et d'une butée de *platine*. Les ressorts sont à l'intérieur du meuble, et, en face de chacun d'eux, visible de l'extérieur, se trouve une bague métallique. Comme l'indique la figure, toutes les bagues d'une même série de jacks sont reliées entre elles, mais à l'état de repos, l'ensemble des bagues d'une même série est isolé électriquement.

Il suffit qu'une fiche soit enfoncée dans l'un des jacks pour que toute la série des bagues correspondantes soit reliée électriquement à la ligne extérieure. Si à ce moment on vient appliquer l'extrémité d'une autre fiche contre une quelconque des bagues non occupées de la

série, la bague touchée pourra livrer passage à un courant électrique venant d'une source placée soit sur le circuit extérieur, soit entre la fiche et la terre du bureau. Le passage de ce courant sera perçu dans le téléphone de l'opérateur, convenablement disposé à cet effet, en y produisant un toc caractéristique. Si, au contraire, toutes les bagues, et par suite tous les jacks, sont libres de fiches, aucun bruit ne sera perçu dans le téléphone, et l'opérateur en conclura que la ligne est libre. L'ensemble de ces manœuvres constitue le *test* ou l'épreuve de la ligne demandée. Nous y reviendrons en détail ci-après.

Les fiches, lorsqu'elles sont disponibles, reposent verticalement par leur culasse métallique dans une alvéole également métallique et, de plus, reliée à la terre.

Elles sont groupées par paires, et chaque paire se trouve reliée, comme l'indique le schéma, à une clé d'écoute dont la disposition générale et la forme rappellent, comme les fiches d'ailleurs, celles des clés de la Société de Matériel téléphonique de Paris. La clé d'écoute est un commutateur à levier qui, par le jeu du levier peut occuper deux, et seulement deux, positions différentes. Dans l'une de ces positions, celle de la clé de gauche sur la figure, les deux fiches et leurs cordons sont embrochés avec les clés d'appel, le téléphone d'opérateur, et une pile de test; dans l'autre position la paire de fiches et cordons est *embrochée* avec l'annonciateur de fin de conversation.

Cet annonciateur, comme celui d'abonné, rappelle encore par sa forme et son enroulement ceux que nous avons en France.

On voit aussi sur la figure deux paires de clés d'appel,

servant à envoyer sur la ligne l'une le courant d'une petite pile, l'autre le courant d'une forte pile. Cette dernière est employée pour appeler les abonnés à travers un autre bureau central, ou ceux dont les lignes seraient trop résistantes.

Nous remarquerons que le montage dessiné sur la *fig.* 8 suppose l'existence de deux paires de clés d'appel *communes à toutes* les paires de cordons et de clés d'écoute d'un même panneau. Cette disposition, bien qu'elle séduise au premier abord, par l'économie du matériel et de la main d'œuvre, n'est pas recommandable pour cette raison qu'un dérangement quelconque dans les clés d'appel affecte et peut immobiliser tout un panneau.

Il est préférable de munir chaque paire de cordons de ses clés d'appel spéciales. Pour corriger le schéma dans ce sens, il suffirait de reporter les clés d'appel entre les fiches et les clés d'écoute. Mais on peut objecter que le nombre des clés serait alors considérable, c'est-à-dire quatre fois le nombre de paire de cordons. Ce chiffre peut être réduit presque de moitié, en ne prenant qu'une *seule clé* de grande pile pour toutes les paires de clés de petite pile.

C'est ce que *M. Stock* a réalisé en l'appliquant au multiple d'Altona près de Hambourg. La *fig.* 8 *bis* donne le schéma des communications de cet appareil. Pour appeler avec la grande pile, la téléphoniste, qui a ses deux mains libres, presse d'abord sur l'unique bouton de pile G. B. F; cette manœuvre a pour effet de substituer la grande pile à la petite; puis avec l'autre main elle appuie sur un des boutons d'appel ordinaires.

Les *fig.* 8 et 8bis montrent sur la droite une fiche spéciale unique, avec un commutateur qui n'est autre

qu'une clé d'écoute semblable aux autres. Cet ensemble, composé d'une fiche spéciale avec clé, se répète à

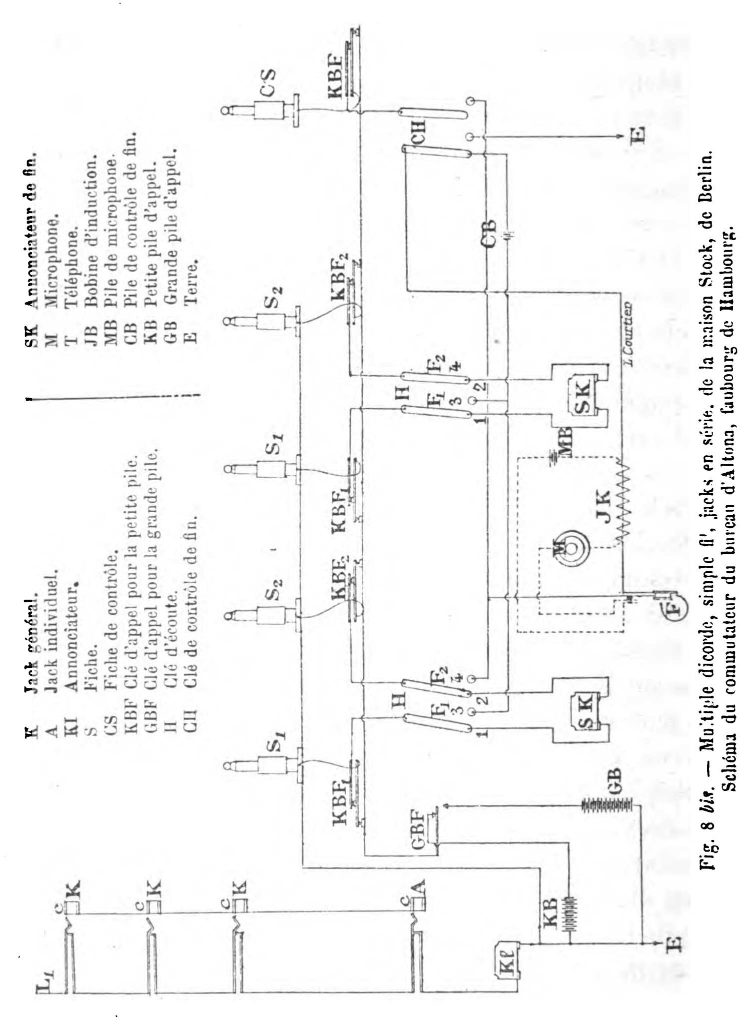


Fig. 8 *bis*. — Multiple dicorde, simple fil, jacks en série, de la maison Stock, de Berlin. Schéma du commutateur du bureau d'Altona, faubourg de Hambourg.

chaque poste de téléphoniste. Voici son usage : Lorsque la téléphoniste veut s'assurer que deux abonnés

ont fini de communiquer, alors même qu'elle n'a pas reçu le signal de fin de conversation par suite d'un oubli ou pour toute autre raison, elle commence par reporter le commutateur ou clé d'écoute en question sur la position de gauche du dessin. Elle isole ainsi la pile de test qui servait précédemment.

Bien entendu, à ce moment là, toutes les autres clés d'écoute du même poste de téléphoniste doivent être sur la position de gauche du dessin, c'est-à-dire sur annonciateur de fin.

La téléphoniste vient alors, avec la pointe de la fiche spéciale, tâter les culasses des fiches actuellement en service dans les jacks. Si les deux abonnés communiquent encore, ou si l'un d'eux seulement occupe la ligne, elle percevra dans son téléphone le bruit d'un courant provenant du poste ou des postes d'abonnés et transmis par la ligne aux fiches en service, et de là à la fiche spéciale, puis au téléphone de l'employée et à la terre, comme il est facile de s'en rendre compte sur le dessin.

Nous appellerons cette manœuvre *le contrôle de fin de communication*, qui n'a pas son analogue dans nos installations et qui diffère assez nettement de l'opération de *test* ou de *l'épreuve*. Cette dernière a pour but de s'assurer si une ligne est libre ou occupée en vue d'établir une communication demandée, tandis que l'opération de contrôle de fin a pour but de vérifier, en dehors de l'intervention des abonnés, si une communication existante est terminée et si la connexion peut être défaite.

Dans les autres pays, on se contente généralement, pour faire cette vérification, de porter sur la ligne le téléphone d'opérateur par la simple manœuvre de la



clé d'écoute, et d'interpeller, au besoin, les abonnés. Cette façon de procéder est plus rapide que le contrôle allemand, et elle est généralement suffisante parce que, même dans le cas où la conversation est momentanément suspendue, un des interlocuteurs au moins demeure et écoute à son appareil, prêt à répondre au premier appel, en attendant son correspondant. D'ailleurs, l'absence d'un contrôle tel que celui que nous examinons, et la crainte de voir maintenir une connexion devenue inutile, habituent les abonnés à donner le signal de fin et, par suite, à ménager le temps que les téléphonistes peuvent employer à d'autres manœuvres, plus utilement qu'à ce contrôle de *fin de communication*.

Toutefois, avec le montage adopté par l'Administration allemande, l'opération du contrôle des communications remplace avec quelque utilité la vérification par le téléphone de l'opérateur, parce que cette vérification y présenterait quelque inconvénient. Si l'on considère, en effet, le montage de la clé d'écoute, on voit que l'annonciateur de fin est embroché sur la ligne, au lieu d'être en dérivation, et que pour passer de cette position à la position d'écoute, la manœuvre de la clé doit être faite avec une grande rapidité pour éviter d'interrompre, dans ce passage, la communication établie. Il faut reconnaître aussi que ce contrôle se fait très vite pour plusieurs lignes, successivement, avec la même fiche spéciale; mais il devient illusoire si un abonné, comme cela arrive quelquefois, oublie de raccrocher ses récepteurs.

Chaque section de l'appareil comprend trois postes de téléphonistes desservant ensemble 200 annonciateurs d'abonnés. Ces annonciateurs sont répartis sur

5 tableaux juxtaposés, comprenant chacun 10 clés d'écoute et 9 ou 10 paires de cordons doubles avec fiches. Lorsque la dixième paire manque, ce qui se présente trois fois dans l'ensemble, une fois pour chaque poste de téléphoniste, elle est remplacée par une fiche spéciale de contrôle dont il a été question ci-dessus. Il y a donc en tout 47 paires de cordons et fiches, avec les 47 clés d'écoute correspondantes : la téléphoniste placée au centre dispose de 15 paires, tandis que les deux autres disposent de 16 paires chacune.

Après avoir, sur les croquis schématiques numéros 8 et 8bis, spécifié les organes tels que fiches, cordons annonciateurs, etc... que l'on rencontre dans tous les appareils de ce genre, et après avoir décrit le fonctionnement de ceux que l'on peut considérer comme spéciaux aux installations allemandes, nous allons résumer toutes ces explications en passant en revue les manœuvres successives que fait une téléphoniste pour la réalisation d'une communication demandée.

Lorsqu'un abonné appelle, par exemple par la ligne 1 de la *fig.* 8, le volet de son annonciateur tombe. Immédiatement, la téléphoniste, qui a ses deux mains libres, relève le volet tombé, saisit en même temps une fiche qu'elle introduit dans le jack individuel et ramène la clé d'écoute, à sa droite, sur la position d'écoute.

L'introduction de la fiche a mis en communication avec le circuit de ligne toutes les bagues de jacks de la série considérée. Dès ce moment, pour tous les tableaux, la ligne de l'abonné appelant est occupée; et quand bien même, pour un motif quelconque, le susdit abonné supprimerait son élément d'épreuve en

raccrochant ses téléphones, la série des bagues n'en demeure pas moins reliée à une ligne et par elle à la terre, de façon que l'élément d'épreuve du central pourra provoquer le toc caractéristique au contact de n'importe quelle fiche sur l'une quelconque des bagues de la série.

Mais l'introduction de la fiche de l'abonné a eu pour résultats principaux, d'abord de supprimer la connexion avec l'annonciateur local, puis de relier l'abonné appelant avec le téléphone de l'employée par l'intermédiaire de la clé d'écoute, des clés d'appel, de la clé spéciale de droite occupant la position de la figure, du second cordon de la même paire et, enfin, de la seconde fiche qui est *actuellement en communication avec la terre par son alvéole de repos.*

La téléphoniste est ainsi en communication avec l'abonné; elle peut recevoir sa demande, mais à la condition expresse de ne pas soulever la seconde fiche, car elle romprait ainsi sa liaison avec le sol. Avant de saisir la seconde fiche pour commencer le mouvement de mise en communication, elle devra donc attendre la fin de la demande de l'abonné : c'est là une servitude inutile et, par suite, un défaut d'installation puisqu'il en résulte une perte de temps sensible.

Cette servitude aurait été évitée en disposant le téléphone d'opérateur en dérivation sur la ligne par l'intermédiaire de la clé d'écoute, au lieu de l'y embrocher : on aurait pu supprimer en même temps les cuvettes métalliques par lesquelles les fiches prennent communication avec le sol.

Aussitôt qu'elle le peut, la téléphoniste soulève donc la seconde fiche et vient tâter avec sa pointe la bague de celui des jacks généraux de l'abonné demandé qui

se trouve le plus à sa portée. Si elle ne perçoit aucun crépitement, la ligne est libre; elle introduit à fond la fiche, coupant ainsi l'annonciateur du second abonné; et les deux abonnés se trouvent reliés par l'intermédiaire du téléphone de l'employée. Si celle-ci doit appeler, elle pressera d'abord sur l'une ou l'autre des deux clés d'appel, et dans le cas contraire, sans avoir appelé, elle ramènera la clé d'écoute sur la position de gauche, c'est-à-dire qu'elle substituera ainsi l'annonciateur de fin de conversation à son propre poste téléphonique.

Nous remarquerons en passant que le susdit électro de fin est *embroché* sur le circuit de ligne entre les deux fils d'abonnés : ce n'est pas une disposition recommandable, puisque la pratique courante a démontré qu'il convenait de supprimer des circuits téléphoniques tous les accessoires qui ne sont pas absolument indispensables; et que, dans le cas où ils doivent être maintenus, leur montage en *dérivation* était encore le montage le moins défavorable à l'audition. Nous nous trouvons donc ici dans une situation d'autant plus défavorable que dans la plupart des cas deux centraux interviennent dans les liaisons d'abonnés et que, par suite, on trouve sur le circuit non plus un seul, mais deux électros embrochés.

Test ou épreuve. — Supposons maintenant que l'épreuve ou « test » au lieu de ne donner aucun bruit, ait produit un crépitement ou « toc » dans le téléphone de l'employée au moment où celle-ci a touché la bague d'un jack général avec la pointe de sa seconde fiche. C'est, alors, que la ligne est occupée; mais elle peut l'être de plusieurs façons que nous allons examiner :

1° *Deux abonnés sont en communication* sur cette ligne. Il y a alors embrochés sur la ligne, un à chaque poste d'abonné, deux éléments de même force électromotrice opposés l'un à l'autre par l'intermédiaire des deux fils de ligne, des deux fiches, du cordon double et de l'annonciateur de fin.

Les deux éléments, opposés l'un à l'autre, ne débitent aucun courant sur la ligne, mais toutes les bagues des jacks des deux abonnés reliés sont ainsi maintenues à un potentiel égal à la force électromotrice de chacune des piles opposées, que nous supposerons négative, comme cela a lieu généralement.

Remarquons maintenant que la fiche, avec la pointe de laquelle la téléphoniste va tâter l'une des bagues en question représente l'extrémité d'une ligne qui comprend deux piles de test embrochées, l'une de deux éléments dans le poste de la téléphoniste, l'autre d'un seul élément chez l'abonné appelant.

Cette dernière pourrait ne pas être en ligne si, par hasard, l'abonné avait raccroché momentanément ses récepteurs. De là sorte sur cette fraction de circuit, à l'extrémité de la fiche, nous avons une force électromotrice résultante égale, suivant le cas et comme il est facile de s'en rendre compte, ou à 3 éléments, ou à 2, ou à 1 élément; celle de 1 élément sera de signe contraire (positif) à celle que nous supposons exister sur les bagues des abonnés en communication (négative), les deux autres seront de même signe (positive). Dans tous les cas un courant passera par la fiche et la bague d'épreuve et produira dans le téléphone de l'employée le toc caractéristique.

2° La ligne est occupée par l'abonné appelant et la *téléphoniste qui lui répond, mais celle-ci n'a*

pas encore établi de connexion avec un autre abonné.

Les bagues à éprouver sont alors portées à un potentiel compris entre 1 et 2 éléments, positif ou négatif.

Pour les mêmes raisons que précédemment un courant passera par la fiche d'épreuve pour produire un toc dans l'écouteur.

Mais dans certains cas ce courant peut se trouver très faible à cause de l'opposition des piles en jeu; et la sûreté de l'épreuve peut en être compromise.

3° La ligne est *occupée par les deux abonnés et par la téléphoniste qui a établi la connexion.*

Dans ce cas les bagues doivent se trouver, suivant la façon dont les connexions ont été établies, à des potentiels compris entre 0 et 2 éléments négatifs.

Un toc se manifestera donc au moment du contact de la fiche d'épreuve, mais ce bruit pourra, comme précédemment, être un peu faible et donner lieu à quelque hésitation.

4° *Les deux abonnés ont terminé leurs communications, mais la connexion des deux lignes n'a pas encore été supprimée.*

Si les deux abonnés ont également raccroché leurs récepteurs téléphoniques, il n'y a plus aucun élément de pile sur la ligne, mais la série des bagues métalliques des jacks de chacun des abonnés se trouve reliée aux deux lignes extérieures par l'intermédiaire des fiches et du cordon double. Dans ces conditions, si l'on touche, avec la pointe d'une fiche disponible, une bague de la série l'élément d'épreuve du poste de la téléphoniste émettra sur la ligne un courant qui produira le toc d'épreuve.

Le même phénomène, à l'intensité près, se produi-

rait si l'un des deux abonnés était encore à l'appareil ou avait négligé de raccrocher ses récepteurs ; car alors un élément serait sur la ligne et se trouverait en opposition avec les deux éléments d'épreuve de la téléphoniste, au moment où celle-ci s'assurerait de la situation de l'abonné demandé.

La revision, que nous venons de faire de tous les cas qui peuvent se présenter, montre que le courant produisant le toc d'épreuve est généralement déterminé, au moins pour la plus grande partie, par la pile de deux éléments que l'on voit intercalée sur le circuit secondaire du poste d'opérateur.

Cette pile ne sert pas au contrôle de fin de communication; elle doit même être supprimée, comme le montre la figure, lorsque le commutateur est tourné sur la position de gauche.

A ce sujet, on peut se demander si la pile en question est bien nécessaire pour l'épreuve, car on peut dire que le toc serait produit, sans elle, par les piles d'épreuve des abonnés. Cette remarque est justifiée pour les cas les plus fréquents; mais elle est en défaut dans le cas où, sur une ligne occupée ou retenue, ne se trouverait momentanément aucun élément d'épreuve ainsi que cela pourrait se produire si aucun abonné n'avait ses récepteurs décrochés, et si nous admettons en même temps que le poste de la téléphoniste soit dépourvu de pile d'épreuve. Il faut donc que ce poste d'opérateur soit muni d'une pile pour cet usage; et l'examen des divers cas qui précèdent suffit pour montrer que la force électro-motrice de cette pile doit être supérieure à celle des abonnés, sans cependant être assez forte pour actionner aucune des sonneries des abonnés, ni aucun des annonciateurs des postes cen-

traux dans aucun cas. On s'est arrêté au chiffre de deux éléments.

En résumé, la pile de deux éléments est nécessaire pour l'épreuve de la ligne par la téléphoniste. Quant aux piles d'un élément des abonnés, ils servent surtout au contrôle de fin de communication que nous allons expliquer.

Contrôle de fin de communication. — Ce contrôle, dont nous avons déjà dit quelques mots, ne demande aucune pile dans le poste d'opérateur du central. Le commutateur de contrôle étant mis sur la position de gauche, la téléphoniste s'assurera que la communication est achevée en touchant avec la pointe de sa fiche spéciale de contrôle les culasses des fiches enfoncées dans les jacks. Si elle ne perçoit aucun bruit, c'est qu'aucun élément de pile ne se trouve sur la ligne, et par suite que les deux abonnés ont remis leurs appareils dans la position de repos.

Ce contrôle est utile avec le système d'exploitation des réseaux allemands, où le soin d'appeler l'abonné demandé est laissé au demandeur. Les appels de celui-ci pourraient être pris pour des signaux de fin; aussi, pour éviter toute confusion, la téléphoniste ne s'en préoccupe pas, du moins au commencement d'une communication, et elle ne se fie qu'au contrôle de fin pour supprimer ou conserver les connexions.

Néanmoins, le signal de fin est exigé des abonnés, et l'instruction leur recommande de le différencier du signal d'appel.

Nous avons vu ci-dessus que le mode d'épreuve adopté par l'Administration allemande pouvait donner quelquefois des résultats douteux à cause de l'oppo-

sition sur la ligne de certaines piles entre elles. Mais cette critique ne vise que certains cas tout particuliers et peu fréquents. Il en est une autre d'un caractère plus général, et qui s'adresse non seulement au mode d'épreuve ou de test, mais encore au contrôle de fin de communication : c'est que l'un et l'autre se font sur un circuit comprenant les lignes extérieures avec tous les inconvénients que ces dernières peuvent apporter; c'est-à-dire les inconvénients dus soit à la capacité des lignes et aux phénomènes de charge ou de décharge qu'elle provoque, soit aux courants parasites provenant des dérivations ou des phénomènes d'induction.

Ces divers inconvénients sont moins sensibles sur les fils aériens, à cause de leur faible capacité, que sur des lignes en câbles. Malheureusement, les câbles tendent de plus en plus à se substituer aux fils aériens, alors même qu'ils ne prennent pas complètement leur place, au fur et à mesure du développement des réseaux, en Allemagne comme partout ailleurs. Nous avons cité, à propos des lignes, le développement déjà considérable des lignes en câbles du réseau téléphonique de Berlin; aussi les épreuves, bien que suffisantes à la rigueur, exigent de plus en plus de la part des téléphonistes une assez grande expérience. Peut-être ce mode de test deviendra-t-il bientôt insuffisant sur certains réseaux; dans tous les cas, par les hésitations mêmes auxquelles il donne lieu, il occasionne des pertes de temps qui s'accumulent à chaque demande de communication, et se traduisent par l'augmentation du personnel et la complication du matériel.

Compteur de conversations de M. Stock. — M. *Stock*

a imaginé un dispositif permettant de compter les communications établies et applicable à son appareil dicorde.

L'essai de ce compteur de conversations a été fait dans le central n° 1 de Berlin (*Französische strasse*). Il est appliqué sur une section de ce bureau. Mais cette section est, bien entendu, montée en *dicorde*, alors que toutes les autres, comme nous l'avons vu plus haut, sont des sections monocordes.

La *fig.* 9 représente le montage électrique de ce

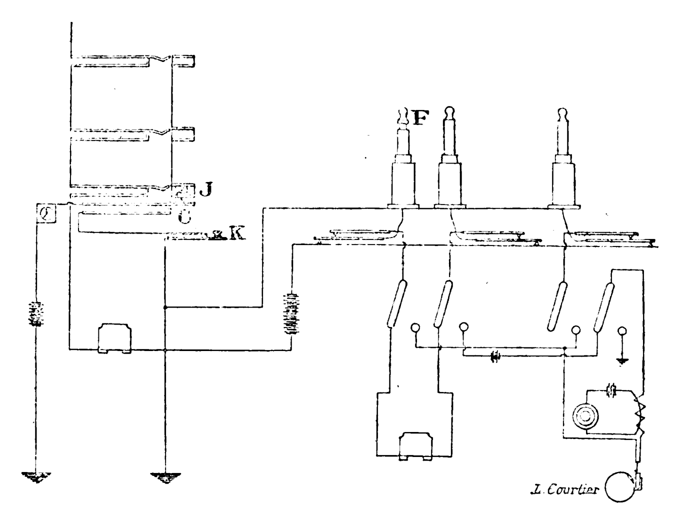


Fig. 9.— Adaptation d'un compteur automatique de conversations, du système Stock, au multiple de la maison Stock, de Berlin.

système, qui est relativement simple parce qu'il n'a exigé pour sa réalisation que de très légères modifications dans les jacks individuels et dans les fiches.

La bague du jack individuel J laisse passer par une entaille la pointe d'un petit excentrique *e* qui est maintenu dans sa position normale par la pression d'un

ressort, tout en demeurant isolé de celui-ci, grâce à l'interposition d'une substance isolante. Le ressort en question constitue en même temps la partie mobile d'une clé C qui demeure ouverte à l'état de repos, et qui est intercalée sur le circuit d'une pile spéciale, de l'électro du compteur électrique et d'une seconde clé K dont nous allons voir l'usage. Cette dernière clé, contrairement à la première, demeure fermée à l'état de repos. La figure représente ce circuit complété par la terre.

(Il serait préférable, à tous égards, de supprimer ce contact avec le sol en fermant le circuit sur lui-même.)

L'électro-aimant du compteur, à chaque émission de courant, agit par son mouvement sur une ancre qui fait avancer chaque fois d'une division l'aiguille des unités; une seconde aiguille marque les centaines par une combinaison facile à concevoir.

Une des fiches au moins de chaque paire, F, est entaillée d'une échancrure circulaire dont l'arête supérieure est à angles vifs; l'autre arête est à angles arrondis.

A l'appel d'un abonné, la téléphoniste emploie, pour lui répondre, la fiche modifiée. Cette fiche, en pénétrant dans la bague du jack, fait pivoter la pointe de l'excentrique *e*; mais, dans ce mouvement de droite à gauche, l'excentrique, à cause de sa forme même, ne repousse pas sensiblement le ressort de la clé C et le circuit de la pile demeure ouvert.

Le circuit ne sera fermé qu'un seul instant et lorsque la téléphoniste achèvera de retirer la fiche du jack J; au moment où la partie postérieure de l'échancrure de la fiche passera devant la fenêtre de l'excen-

trique, celui-ci, poussé par le ressort, se redressera légèrement, puis sa pointe sera accrochée comme un ergot par l'angle vif de la partie antérieure de l'échancrure; l'excentrique suivra ainsi le mouvement de la fiche de gauche à droite et, en vertu de son profil, repoussera le ressort de la clé C jusqu'au contact avec la seconde partie de ladite clé. Le circuit de la pile sera ainsi fermé à travers l'électro du compteur. Mais la fiche, continuant son mouvement, laissera échapper la pointe de l'excentrique qui se remettra dans sa position normale, poussé par le ressort; celui-ci, en se redressant, rompra le circuit de la pile de l'électro. L'aiguille des unités du compteur avancera ainsi d'une division.

Si une communication demandée n'a pu être réalisée, ou si, pour une raison quelconque, la téléphoniste veut empêcher le compteur d'enregistrer une unité lorsqu'elle retire sa fiche F, il lui suffira à ce moment de presser sur la clé K de façon à maintenir ouvert le circuit de la pile du compteur, malgré les mouvements de C. La clé K sert donc à éviter les enregistrements inutiles. On remarquera qu'il suffit d'une seule clé K par poste d'opérateur, toutes les clés C étant reliées à cette clé unique K. Il en est de même pour la pile; une seule suffit par poste de téléphoniste, ou même pour plusieurs postes si sa résistance intérieure est assez faible ou son débit assez élevé, par exemple si l'on emploie des accumulateurs.

La *fig.* 9 suppose qu'une seule fiche dans chaque paire est munie de l'échancrure que nous avons décrite; cela suffit, à la condition que la téléphoniste choisisse précisément cette fiche pour l'introduire dans un jack individuel. Cette sujétion peut occasionner des

erreurs, ou encore une légère hésitation, et par suite une perte de temps. Il vaudrait mieux que les deux fiches de chaque paire fussent munies de la même échancrure.

D'une façon générale, les appareils de la maison *Stock* sont très soigneusement construits et présentent en outre un ensemble assez élégant. Les contacts des jacks sont platinés au moyen d'un outillage spécial; ils deviennent de cette façon assez sûrs pour que l'on puisse admettre, ainsi qu'on nous l'a affirmé, que tous les inconvénients et les dangers du montage en série sont à peu près écartés.

J'ai présenté ci-dessus, au cours de ma description, les critiques qui peuvent être adressées au montage électrique et aux manœuvres de l'appareil, par exemple à la mise en série des annonciateurs de fin, au mode d'épreuve, à la manœuvre de contrôle, etc...; mais elles ne paraissent pas imputables au constructeur, parce que, les retrouvant dans les appareils des autres fabricants, on est en droit de supposer que ces défauts sont la conséquence de certaines conditions imposées par l'Administration allemande. De même, on ne saurait reprocher à ce constructeur, malgré les dimensions très réduites de ses réglettes de jacks, de n'avoir pas réduit davantage les dimensions de ses meubles de façon à permettre aux téléphonistes d'atteindre les jacks généraux les plus éloignés sans quitter leur chaise; il aurait sans doute pu le faire, mais il semble avoir adopté les dimensions des appareils existants pour ne pas changer les habitudes des téléphonistes.

Multiple dicorde horizontal de M. Stock — Tout en

conservant le même montage électrique, M. *Stock* a présenté des projets de multiples horizontaux, c'est-à-dire de multiples dans lesquels les tableaux de jacks sont horizontaux au lieu d'être verticaux. Ces projets ont été réalisés, du moins en partie, et mis à l'essai sous forme de deux sections doubles dans les centraux déjà cités de *Moabit*, de *Lutzow strasse* et de l'Exposition industrielle de Berlin.

La disposition horizontale des tableaux de jacks permet à deux téléphonistes placées en face l'une de l'autre de se servir des mêmes jacks généraux étalés devant elles, et offre par suite le moyen de diminuer de moitié le nombre des jacks généraux, et dans une proportion un peu supérieure les longueurs des fils de connexion.

La première de ces tables horizontales, celles de *Moabit*, fonctionne depuis le mois de mai 1895.

Une table ainsi constituée peut être desservie par six téléphonistes (c'est-à-dire par le personnel de deux sections d'un tableau ordinaire) assises de part et d'autre de la table. Les jacks sont accessibles de la même façon aux deux téléphonistes qui se font face ; pour leur rendre facile la lecture des numéros, les réglettes des jacks sont taillées en biseau, au lieu d'être planes, sur leur face visible, et les numéros des jacks sont répétés sur chaque face du biseau.

La table horizontale de *Moabit*, lorsque nous l'avons vue, était multiplée avec les jacks du tableau vertical existant dans le même bureau. Elle comprend donc 5.400 jacks généraux, plus deux tiers de section à chaque extrémité.

Cette table peut être considérée comme une section de multiple horizontal; mais alors il resterait entendu

que c'est une section double, parce que cette disposition permet de grouper sur les mêmes jacks généraux le personnel de deux sections d'un multiple vertical: les jacks individuels, les annonciateurs d'abonnés, cordons, fiches, clés d'écoute, etc... demeurent en nombre égal à ceux de *deux* sections du multiple vertical de la même maison, et répartis comme eux.

Le meuble en essai dessert 400 lignes.

On remarque que le nombre de paires de clés d'appel est réduit à une par poste de téléphoniste. Cette disposition mérite la même critique que celle que nous avons faite à propos du montage de la *fig.* 8.

La largeur du tableau des jacks généraux est de 68 centimètres; les tablettes portant les clés font sur celles des annonciateurs une saillie de 34 centimètres de chaque côté du tableau, la longueur de la section est de 2 mètres; il s'ensuit que le jack le plus éloigné se trouve à une distance supérieure à $1^{m},40$ de la position moyenne de chaque téléphoniste. En réalité, les téléphonistes doivent travailler aussi souvent debout qu'assises; sous ce rapport, il n'y a donc sur la disposition verticale aucun progrès en vue de diminuer la fatigue des téléphonistes et d'augmenter la rapidité du service; mais, comme ce progrès n'a pas encore été réalisé (sauf à *Stuttgard*) dans les appareils de l'Empire et que l'Administration allemande ne semble même pas l'avoir demandé aux constructeurs, le défaut que je signale ne paraît pas avoir fixé l'attention de ceux-ci.

J'ajoute que la manœuvre des cordons est moins naturelle, et que le mouvement des fiches dans les mains des employées est plus compliqué qu'avec les tableaux verticaux. Les fiches, par exemple, doivent

pivoter de 180° et être déplacées dans les doigts de l'opérateur; cette manœuvre exige une habitude plus grande et prend un temps un peu plus long qu'avec les multiples verticaux.

Malgré cela, après ce premier essai, le constructeur s'est engagé dans une seconde expérience portant sur une section double horizontale, accompagnée de deux tiers de section, et équipées pour 10.800 lignes. Il a été poussé dans cette voie d'abord par l'économie qu'il réalisait sur les jacks et les câbles intérieurs, et ensuite par la certitude de pouvoir réduire sans inconvénient les dimensions de ses jacks. De fait, les dimensions générales de la nouvelle table ne dépassent pas celles de la table essayée au bureau de *Moabit;* chaque réglette de jacks généraux étant réduites aux dimensions de 220 millimètres sur 110, y compris les attaches et les séparations. Cette double section horizontale est multiplée avec le multiple monocorde du poste central n° 6 (*Lutzow Strasse*), à Berlin.

Les dispositions générales des organes de cette double section sont les mêmes, aux dimensions près, que celles de la table de *Moabit.* Comme elle, elle dessert 400 lignes multiplées, ou pouvant l'être, sur 1.800 jacks généraux. Comme pour elle aussi, chaque poste de téléphoniste n'a qu'une seule clé d'appel.

Les observations présentées à propos de la table de *Moabit* s'appliquent à la table de *Lutzow Strasse.* L'économie dans les jacks et les fils de connexions serait plus sensible ici puisqu'elle porterait sur un multiple de 10,800; mais les inconvénients restent les mêmes.

Aussi, lorsqu'il s'agira d'un multiple d'une grande capacité, c'est-à-dire toutes les fois que la table en

question se trouvera assez large pour que les téléphonistes soit obligées de se lever ou de se déplacer afin d'atteindre les jacks extrêmes, dans toutes ces circonstances j'estime que l'économie des jacks et des câbles, avec ce système, ne profiterait guère qu'au constructeur, ou bien que l'Administration n'en bénificierait qu'au prix d'un surcroit de fatigue pour les agents et d'un ralentissement dans le service des abonnés. On ne saurait admettre, en vue d'une économie quelconque, un tel surcroit de fatigue et un tel ralentissement du service, alors que l'on connait et que l'on possède d'autres appareils exempts de ces défauts, alors surtout que le public, comme le personnel, s'est déjà habitué à un service plus satisfaisant avec d'autres systèmes.

Quoi qu'il en soit M. *Stock* a continué ses études d'appareils dans cette voie de la disposition horizontale des tableaux de jacks. Ceux dont nous venons de parler ne sont disposés que pour des réseaux à simple fil. C'est le cas des réseaux de l'Allemagne. Mais on admet dans presque tous les pays que les lignes à simple fil sont des solutions d'attente ; et par suite que les appareils doivent tous être prévus pour des réseaux à double fil ; car autrement il ne serait pas possible de bénéficier d'une façon complète des avantages du fil de retour dans tous les cas, de plus en plus fréquents, où l'on se trouve obligé de doubler un fil simple.

Aussi M. *Stock* a-t-il établi un projet de multiple horizontal pouvant desservir 10.800 lignes *à double fil*, dont les dimensions ne dépassent pas celles du bureau de *Moabit*. Cet appareil n'ayant pas été soumis à un essai complet, je me contenterai d'en signaler les points remarquables.

Les annonciateurs en sont disposés de façon que le relèvement des volets se produise automatiquement.

Le montage participe du montage en série et du montage en dérivation; tous les jacks d'une même ligne sont montés en série les uns sur les autres, et chaque série de jacks est placée en dérivation sur l'électro de l'annonciateur et sur la ligne.

Le circuit d'épreuve, ou de test, est un circuit local, et ne présente donc plus sous ce rapport les inconvénients de l'épreuve dont nous avons parlé à propos des appareils à simple fil; mais l'épreuve est inversée en ce sens que le bruit produit au téléphone indique que la ligne est libre au lieu d'indiquer qu'elle est occupée.

Ce montage pourrait être aussi bien réalisé sur un meuble vertical que sur une table horizontale. La table horizontale pour laquelle le projet a été dressé présente les mêmes inconvénients que nous avons signalés précédemment.

Le montage en lui-même soulève à la fois les critiques relatives au montage des jacks en série à cause des chances nombreuses de mauvais contact d'un jack à l'autre, et celles moins justifiées relatives au montage des annonciateurs en dérivation, lorsqu'on redoute un affaiblissement des ondes phoniques à travers les trois électros qui se trouvent en dérivation sur la ligne lorsque deux abonnés sont reliés.

De l'inversion du test peuvent aussi résulter de nombreuses erreurs lorsque les téléphonistes sont habituées à une épreuve basée sur la même sensation, mais avec une signification conventionnelle tout opposée.

Quoi qu'il en soit, on peut faire au montage proposé

par M. *Stock* cette objection qu'il n'est pas symétrique par rapport au milieu de la ligne, c'est-à-dire que les connexions ne sont pas semblables sur chaque fil de ligne. C'est une critique qui me paraît avoir une assez grande importance, pour des lignes doubles, à cause de la *capacité* électrique totale des câbles de connexions qui prennent un développement assez considérable lorsqu'il s'agit d'un multiple d'un nombre très élevé de numéros. Ce défaut de symétrie devient alors assez grand pour détruire la symétrie des lignes extérieures alors que l'on prend les plus grands soins pour l'obtenir, en vue de détruire les effets d'induction, sur le réseau lui-même et sur les lignes interurbaines.

Si l'on veut réaliser un montage en dérivation ne présentant pas les inconvénients que nous avons rappelés, avec une épreuve contraire à celle du projet, les dimensions prévues ne suffisent plus pour desservir 10.800 *lignes doubles* sur des tableaux de jacks *disposés horizontalement*.

(*A suivre.*)

M. Cailho.

SYSTÈME

DE TÉLÉPHONIE SANS PILE D'APPEL

NI MAGNÉTO CHEZ LES ABONNÉS

(Suite et fin.) (*)

Après avoir, dans ce qui précède, parlé des nouvelles dispositions téléphoniques au point de vue de leur

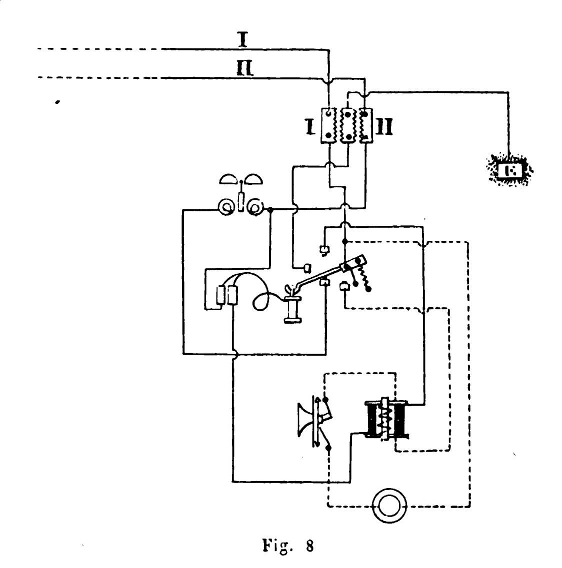


Fig. 8

agencement schématique, nous allons décrire encore, ci-dessous, quelques installations réalisées. La pre-

(*) Voir *Annales télégraphiques*, mai-juin 1897, p. 271.

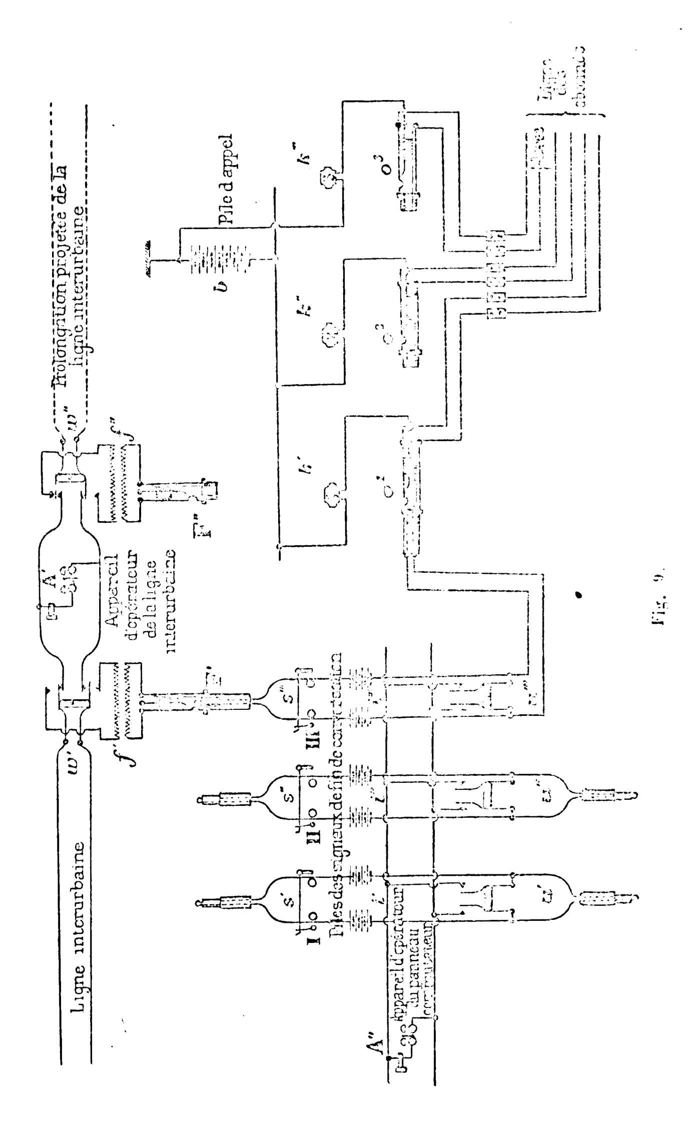


Fig. 9.

mière installation, dont il est question ici, est en service depuis le milieu d'août 1895. Elle compte environ

20 abonnés reliés au bureau central en double fil. Les postes d'abonnés sont montés conformément au schéma représenté par la *fig.* 8. Ils sont munis de sonneries pour courants alternatifs et n'ont aucun autre générateur d'électricité que l'élément du circuit microphonique. Le contact de mise à la terre qui doit être actionné par le levier commutateur consiste en un ressort lame relié métalliquement au pivot du levier et qui est mis à la terre quand ce levier frotte sur lui en passant.

Le commutateur central est construit suivant la *fig.* 9; il comprend 20 annonciateurs d'appel avec 20 jacks pour abonnés locaux, plus 2 autres pour lignes interurbaines, 2 clés doubles w' et w'' pour prendre les lignes interurbaines au moyen des transformateurs f^1 et f^2, 5 paires de cordons, chacune avec une pile i de 10 éléments, 1 annonciateur de fin de conversation s et 1 commutateur u. De plus, on dispose de deux postes téléphoniques complets avec appel magnéto. L'un, A′, est affecté à la ligne interurbaine; l'autre, A″, peut être mis en relation avec les paires de cordons et sert principalement d'appareil d'opérateur à l'employé du bureau.

Le service du commutateur pour le trafic local s'accomplit exactement de la même manière que dans les systèmes actuellement en usage, et l'on peut, par suite, le passer sous silence dans la description de l'état actuel des choses. En ce qui concerne le trafic à grande distance, celui-ci exige des transformateurs, malgré la disposition à double fil du réseau local, parce qu'avec l'installation à l'ancienne mode des bureaux voisins, il n'est pas admissible d'envoyer d'une façon continue un courant dans les circuits interur-

bains. A l'état de repos, l'appareil A′, pourvu de sa sonnerie polarisée et de son appel magnéto, est relié au circuit à grande distance. Si un appel de l'extérieur fait marcher le timbre de ce poste, l'employé prend les ordres du bureau appelant avec ce même appareil. L'abonné demandé est appelé au moyen de l'appel magnéto du poste d'opérateur A″, et, après que le bureau demandeur a été averti, la communication est établie avec le circuit interurbain au moyen du jack interurbain F′ en déplaçant la manette de la clé double w^1. A la fin de la communication on raccroche les téléphones dans les postes d'abonnés en cause, le volet échappe, la communication est coupée et le poste d'opérateur A′ est remis sur ligne interurbaine. Si un abonné local demande une communication avec l'extérieur, l'employé s'entend au moyen de l'appareil A′ avec le bureau extérieur intéressé et établit la communication à la façon ordinaire, une fois que l'abonné extérieur a été obtenu.

On peut aussi mentionner qu'il est possible, sans autre modification, de relier au commutateur central ici décrit des postes d'abonnés montés suivant l'ancien système, soit à simple fil, soit à fil double.

Ainsi, le n° 3 représente une ligne reliée au tableau, avec la terre en guise de fil de retour. La ligne est à la terre au delà de la pile d'appel *b*. Les abonnés qui sont reliés de cette façon appellent le bureau central au moyen des appels magnéto qu'ils possèdent et la mise en communication de ces lignes avec les autres s'effectue à la façon usuelle. Il est donc ainsi possible d'introduire le nouveau dispositif dans des installations où, pour des raisons quelconques, on doit conserver les postes d'abonnés existants dans leur état actuel.

Examinons maintenant les appareils à employer dans ces installations; les sonneries polarisées des postes d'abonnés ont des bobines de 60 ω de résistance et correspondent tout à fait aux sonneries employées d'autre part. Les appareils d'opérateur A′ et A″ sont également empruntés au matériel constitué, de même que les deux transformateurs t' et t'' qui possèdent sur chaque enroulement environ 100 ω de résistance. Les annonciateurs de fin de conversation, comme ceux d'appel, ont des électro-aimants à deux noyaux avec des enroulements de 140 ω de résistance. Les premiers se distinguent des autres, en ce que, chez eux, le crochet est tourné vers le haut; de plus, les noyaux sont munis d'une enveloppe de cuivre. Les piles qui servent aux signaux de fin de conversation consistent chacun en dix éléments Leclanché, mesurant 200/100/100 millimètres, de la maison Berliner, de Hanovre, avec un cylindre de charbon creux et une lame de zinc de 110/35/6 millimètres, pesant environ 170 grammes. Même dimensions pour la pile d'appel *b*. Pour l'usure des éléments des divers piles, notons que, d'après les expériences en cours, les piles de fin de conversation accusent une consommation de zinc d'environ 36^{gr},5 et les piles d'appel une consommation de 70 grammes environ, par élément et par an.

L'exploitation marche jusqu'à présent sans encombre et il n'y a pas eu à signaler de dérangements véritables.

Une autre installation du nouveau système a été livrée à l'exploitation au milieu de février 1896. Celle-ci présente relativement à la précédente des changements essentiels, aussi faut-il en dire un mot. La différence principale à noter, c'est l'emploi d'une pile commune pour les signaux de fin de conversation.

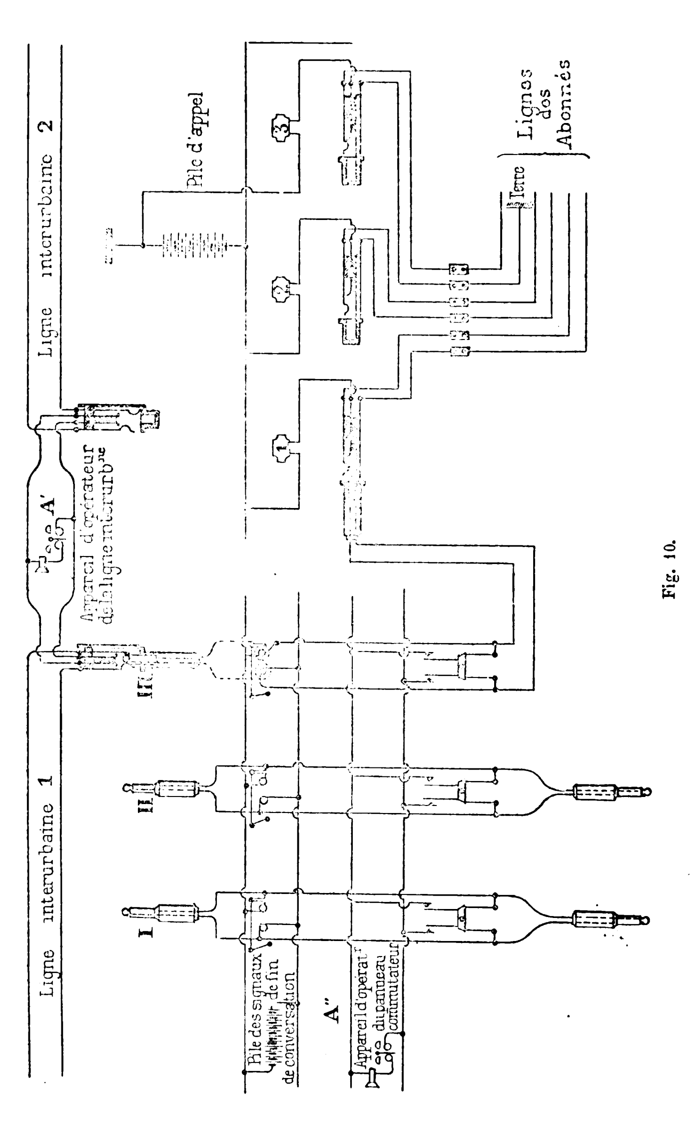


Fig. 10.

Cette pile est intercalée en pont avec l'annonciateur de fin entre les deux cordons. Avec ce montage, pour

faire tomber le volet de fin de conversation, il faut que le circuit soit interrompu simultanément dans les deux postes d'abonnés reliés. On satisfait à cette condition de la façon la plus simple et la plus sûre comme il sera exposé ci-après, en introduisant des sonneries trembleuses à courant continu pour l'appel des abonnés. La condition envisagée aurait aussi pu être remplie, en ajoutant aux leviers commutateurs un mécanisme, ayant pour objet de ralentir leur retour à la position de repos. On aurait pu tourner la difficulté, en plaçant de fortes résistances avec grande self-induction entre les conducteurs des cordons et en intercalant les annonciateurs de fin dans les cordons même des fiches. Cependant, la solution choisie se présentait comme la plus simple et par suite offrait la meilleure garantie pour la sûreté de l'exploitation.

Les postes d'abonnés seront faits d'après la *fig.* 8, avec la seule différence qu'une sonnerie trembleuse remplace la sonnerie polarisée. Le commutateur du bureau central qui est monté d'après la *fig.* 10 comprend quarante lignes d'abonnés locaux; le montage et la construction des annonciateurs d'appel et des jacks pour lignes de réseau correspondent exactement à l'agencement que l'on rencontre dans l'installation décrite. Pour le trafic local, on dispose de huit paires de fiches, dont le montage répond à celui des paires I et II de la *fig.* 10. On opère à la façon ordinaire. Pourtant, il y a à relever cette particularité que le bureau appelle automatiquement l'abonné demandé pour une communication, simplement en enfonçant la fiche de liaison, ce qui est possible, grâce à ce fait que la pile des signaux de fin de conversation peut faire marcher les sonneries des abonnés. On a adopté

cette disposition, afin d'obtenir que le circuit de conversation, une fois celle-ci terminée, fût ouvert en même temps dans les deux postes. Le courant de la pile qui actionne l'annonciateur de fin de conversation est interrompu au même moment.

Comme il doit arriver très rarement que les deux interlocuteurs raccrochent en même temps leurs téléphones, la sonnerie de celui des deux correspondants qui le remet en place le premier, résonnera aussitôt, et par suite de la vibration du ressort interrupteur, la remise en place du téléphone du second poste produit à coup sûr l'interruption simultanée dans les deux postes, si bien que le signal de fin en résulte. Cette particularité, que l'appel de l'abonné demandé soit donné automatiquement par la pile des signaux de fin de conversation, quand on enfonce la fiche dans le jack correspondant, a pour conséquence de faire marcher la sonnerie de l'abonné demandé jusqu'à ce qu'il se présente pour parler. Au premier abord, cette manière d'opérer soulève des scrupules; à certains égards cependant, elle s'est jusqu'au présent très bien comportée en pratique. En premier lieu, elle assure la rapidité de l'établissement des conversations, les abonnés appelés se hâtant de se présenter à l'appareil; en second lieu, elle dispense des appels répétés que les abonnés appelants adressent au bureau, pour lui demander d'appeler encore le correspondant qui ne se montre pas ou pas assez vite; de plus, il faut noter cette circonstance favorable que l'abonné appelant peut déterminer exactement le moment où la mise en communication s'est effectuée, puisqu'il entend la sonnerie de l'abonné demandé, ce qui n'est pas pour lui déplaire. C'est là aussi une chose très agréable

pour les employés du bureau, étant donné qu'avec les anciens dispositifs ils étaient souvent rendus injustement responsables des retards survenus dans l'établissement des communications par le fait des lenteurs de l'abonné appelé, ce qui maintenant leur est épargné. Dans cette installation aussi, qui est réalisée avec des lignes à double fil, il y a quelques lignes pour lesquelles la terre sert de fil de retour, et dont les postes sont pourvus d'appels magnéto. Elles sont reliées au bureau central comme il est indiqué dans la *fig.* 10 pour le n° 3.

Pour permettre au bureau d'appeler les postes reliés ainsi, le poste d'opérateur A″ est muni d'un appel magnéto; d'ailleurs l'une des huit paires de fiches pour le service local n'est pas reliée à la pile des signaux de fin de conversation. Les dispositifs pour le service interurbain ont subi quelques changements relativement à ceux de la première installation. Ceux-ci étaient en premier lieu nécessités par l'emploi d'une pile commune pour les signaux de fin de conversation. En second lieu, les modifications ont eu pour cause le désir d'écarter de la ligne interurbaine les clés doubles w' et w'' employées dans la première installation, parce que, si l'on n'y fait pas attention en s'en servant, il peut se produire des interruptions fâcheuses sur la ligne interurbaine; c'est ce qui est évité avec l'agencement de la seconde installation; à la place des clés doubles, on a, en conséquence, disposé des jacks, dits jacks à deux pointes; on se sert pour le trafic interurbain de deux paires de cordons montés d'une façon spéciale (cf. *fig.* 10 III). Ces paires, dites interurbaines, se distinguent de celles employées pour le trafic local par l'enroulement des annonciateurs de

fin de conversation. Ils ont deux circuits et sont montés en transformateurs, la pile des signaux de fin de conversation étant intercalée dans un des deux enroulements. Pour l'établissement des communications, la fiche qui communique avec ce dernier enroulement, se met dans le jack local, tandis que la fiche qui communique avec l'enroulement non divisé se met dans le jack interurbain. Pour éviter les interversions, les enveloppes des fiches interurbaines se distinguent par la couleur, le service interurbain se fait en général comme dans la première installation. Inutile de décrire la manière de procéder.

Considérons maintenant les appareils employés dans cette installation: nous pouvons noter que les sonneries qui se trouvent dans les postes d'abonnés possèdent une résistance d'environ 200 ω, et que le reste correspond exactement à la première installation ; au bureau, les jacks, les annonciateurs d'appel pour le réseau, la pile d'appel ainsi que les postes d'opérateurs A′ et A″ sont identiques aux parties correspondantes de la première installation ; la pile des signaux de fin de conversation consiste en trente éléments Leclanché de Keiser et Schmidt, de Berlin, ayant 225 millimètres de hauteur et 135 millimètres de diamètre. Elles ont des charbons en forme de prismes à base triangulaire et trois agglomérés de peroxyde de maganèse, et contiennent un cylindre de zinc de 180 millimètres de hauteur pour 110 millimètres de diamètre pesant environ 1.000 gr. Les annonciateurs de fin de conversation possèdent des électro-aimants à un noyau avec un enroulement de 600 ω, entouré d'une chemise de fer; les annonciateurs de fin de conversation employés comme transformateurs ont 300 ω par circuit. Pour garantir une

attraction franche de l'armature avec cette forte résistance, les crochets sont munis de contre-poids. D'après les expériences en cours, l'usure du zinc par élément et par an, pour la pile de fin de conversation, se monte à 130 où 140 gr., de sorte qu'on peut en conclure que ces éléments dureront plusieurs années. L'usure de la pile d'appel correspond à ce qui a été établi pour la première installation.

Bien que les dépenses pour l'entretien des générateurs de courant servant à l'appel soient à noter comme des plus modérées, et essentiellement moindres dans les deux installations décrites que celles des installations où les générateurs pour l'appel sont chez les abonnés, l'emploi d'accumulateurs au lieu des piles primaires pour les signaux de fin de conversation permet de diminuer encore les frais en question. Une occasion favorable se présenta pour une installation nouvelle à créer dans une ville ayant une station centrale électrique, parce qu'alors on avait la possibilité de charger les accumulateurs commodément et à bon marché. On employa deux batteries de vingt accumulateurs chacun, du type X′ de la fabrique d'accumulateurs de W. A. Beese et C° à Berlin, ayant une capacité de charge chacune de 3 à 6 ampères-heures avec un courant à la décharge de 1 à 0,2 ampère et un courant de charge maximum de 1 ampère.

D'après l'expérience en cours, la demande de courant journalière se monte à environ 0,1 ampère-heure pour un nombre d'abonnés provisoirement de cinquante. Ainsi, la dépense annuelle, pour un prix de 2 pfennigs l'hectowattheure, se chiffre à 80 pfennigs environ.

Les deux batteries, dont une seule suffirait, travaillent en parallèle, mais sont chargées en série ; d'ail-

leurs, on prend soin que chaque moitié soit bien chargée en ce qui la concerne par le courant de 110 volts dont on dispose. Pour établir commodément les liaisons voulues, on se sert de deux commutateurs à levier bipolaires. Dans la position du milieu, les deux batteries sont chargées en série ; dans la position de droite de la manette, il y a décharge ; dans la position de gauche, il y a au contraire charge en parallèle. Il faut un rhéostat en tête de la batterie, on emploie des lampes à incandescence. La *fig.* 11 représente le mon-

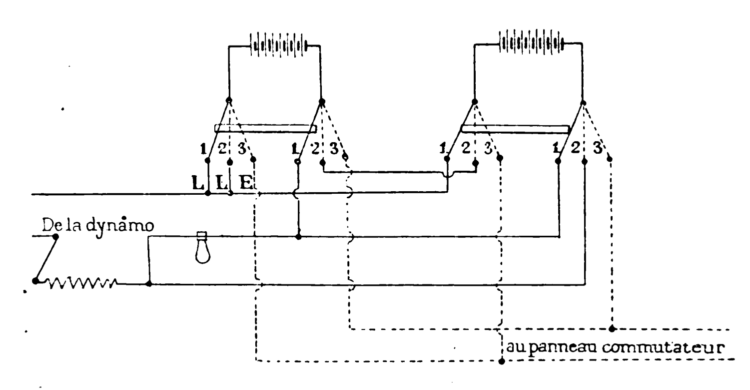


Fig. 11.

tage effectif. Une autre disposition qu'on a adoptée dans la nouvelle installation doit encore être mentionnée ici. Le fait que, dans les postes d'abonnés, de la dernière installation, les sonneries continuent à tinter une fois la conversation finie et le téléphone raccoché, jusqu'à ce que le bureau coupe la communication entre les abonnés en cause, montre qu'il est à souhaiter que cela se fasse le plus tôt possible. Comme, dans les petits bureaux, il incombe aux employés d'autres affaires encore que le service du commutateur télépho-

nique, il a paru indiqué de faire percevoir par un signal acoustique la chute d'un volet d'annonciateur. La combinaison à adopter pour produire ce signal devait être disposée en tenant compte de ce fait que les annonciateurs de fin de conversation sont découverts à l'état de repos ; et elle devait n'entrer en jeu qu'avec les annonciateurs de fin de conversation dont le volet est tombé, parce que la conversation est terminée.

On peut satisfaire à cette condition, en ajoutant, en plus du butoir placé sous le volet de fin de conversation, pour fermer le circuit d'une sonnerie continue, quand le volet est tombé, un deuxième contact en série qui ne ferme le circuit que si la paire de fiches, correspondant audit annonciateur de fin de conversation, est en service actuellement. Le contact en question peut être relégué dans l'alvéole où reposent les fiches, ou, au contraire, soit dans le jack, soit dans la fiche; le premier procédé s'adapte bien aux meubles indépendants; le dernier aux panneaux muraux. Dans le cas présent, où l'on emploie un meuble indépendant, le contact

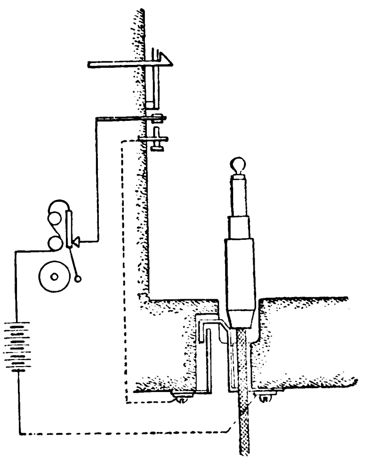


Fig. 12.

supplémentaire est disposé dans le siège de la fiche antérieure. Le montage représenté *fig.* 12, trouve alors son application. Si le contact en question est mis dans le siège de la fiche antérieure, c'est que, autre-

ment, quand on prend les ordres d'un abonné, ce qui se fait, en règle générale, avec la fiche postérieure, la sonnerie continue tinterait, troublant ainsi le service; d'autre part, la sonnerie, en tintant après qu'une communication a été établie, avertit l'employé de relever le volet de fin de conversation, ce qui autrement eût été oublié maintes fois.

Dans les grands bureaux, où les employés sont affectés exclusivement au service téléphonique, on peut se dispenser de cette précaution, ou bien on peut, si l'on ne veut pas y renoncer, adopter un signal optique saillant au lieu et place d'une sonnerie. Comme on l'a mentionné plus haut, on a, dans l'installation téléphonique précédemment décrite, mis en service un meuble indépendant, muni d'un appel magnéto pour appeler sur les lignes interurbaines reliées à l'installation, ainsi que sur quelques lignes locales pourvues d'appels magnéto. A la place de l'appareil A' dont on disposait dans la *fig.* 10, il y a ici un annonciateur d'appel, le bureau en question étant maintenant poste terminal pour la ligne interurbaine. Pour pouvoir, au moyen de l'appel magnéto déjà mentionné, donner des appels aussi bien sur les lignes interurbaines que sur la partie des circuits locaux exploités avec l'appel par courants alternatifs, les fiches interurbaines sont munies chacune de deux touches d'appel; on emploie alors le montage indiqué *fig.* 13.

Les meubles téléphoniques des trois installations précédemment décrites ont été construits dans la fabrique de E. Welles, de Berlin; les montages des postes d'abonnés ont été faits dans les ateliers royaux des télégraphes de Wurtemberg. Si le dispositif de l'installation dont il a été parlé d'abord et où le service

se faisait en appelant avec les courants alternatifs, devait être appliqué à de grands bureaux, cela obligerait à employer les accumulateurs et permettrait ainsi de changer la façon d'amener aux paires de cordons, individuellement, l'énergie électrique nécessaire pour l'émission automatique du signal de fin de conversation. Quoique une installation de ce genre n'ait pas encore été réalisée, pourtant, pour être complet, il y a lieu d'indiquer les dispositifs prévus pour donner automatiquement le signal de fin de conversation. Dans le projet, on devrait supposer que le courant nécessaire est fourni par une batterie

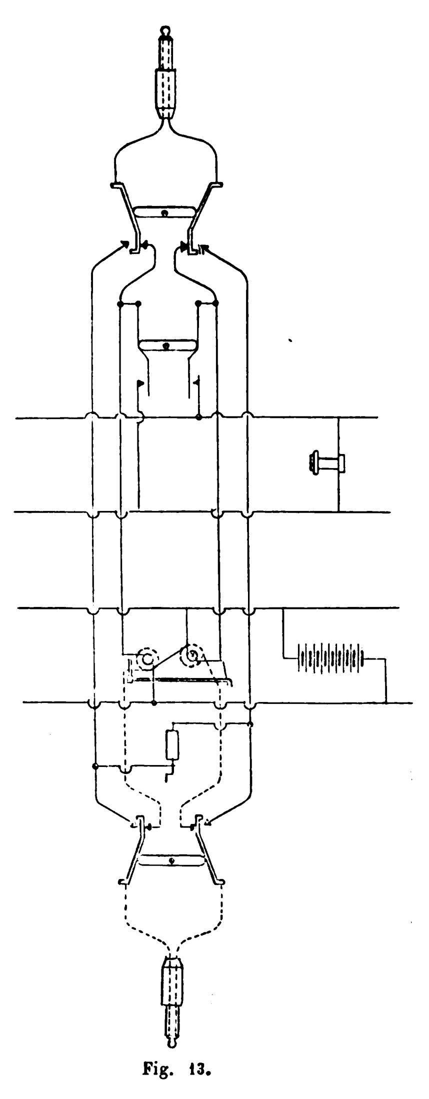


Fig. 13.

centrale, ce qui est possible si on intercale dans les

paires de cordons, à la place de piles primaires, des accumulateurs et si on s'arrange pour les charger pendant qu'elles sont dans la position de repos. Le dispositif en question est indiqué sur la *fig.* 14. Voici en quoi il consiste : une batterie centrale d'accumulateurs LB est reliée aux sièges des fiches, tandis que les viroles métalliques correspondant aux prises de contact des fiches sont reliées au conducteur où est insérée la batterie SB. Celle-ci est alors chargée par la première, quand les cordons sont au repos.

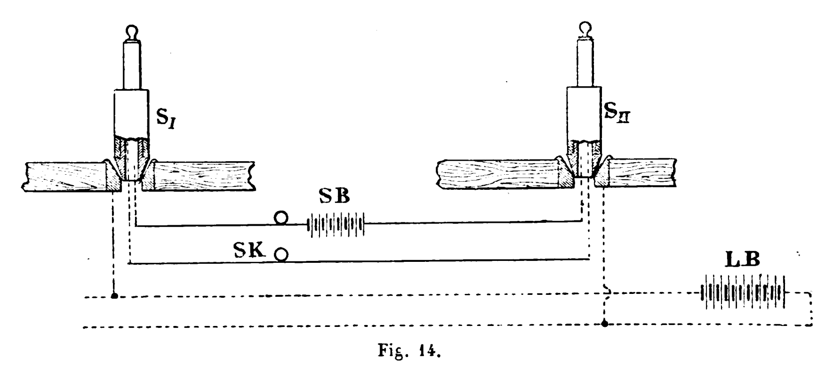


Fig. 14.

Le courant employé pour maintenir les volets des annonciateurs de fin se monte d'ordinaire à 10 ou au plus à 25 milliampères, de sorte que pour une conversation, 0,002 ampères heure sont nécessaires, en moyenne, et cette consommation est d'ailleurs aussitôt restituée. Si maintenant les batteries des annonciateurs de fin de conversation ont une capacité de charge correspondant à 100 communications, cela ne donne qu'une capacité d'environ 0,2 ampères heure, et, par suite, un très petit élément, ce qui permet de réunir, dans une boîte de celluloïde ou d'ébonite les éléments nécessaires pour un meuble, ou mieux, pour une place

d'opérateur, et de reléguer ces boîtes dans le meuble même, ce qui a pour effet de raccourcir les fils de secours allant aux cordons et de les rendre plus faciles à visiter. — L'emploi de batteries séparées pour le signal de fin de conversation a encore l'avantage de permettre de supprimer dans les postes d'abonnés l'élément de pile microphonique, si on y installe des microphones appropriés, ce qui n'est pas possible, sans autre modification, si la batterie de fin de communication est d'usage commun.

(*Traduit de l'*Electrotechnische Zeitschrift *par J.-B. P.*)

CHRONIQUE.

Le rôle physique de l'hydroxile.

On connaît depuis longtemps la singulière anomalie que présente l'eau, au point de vue de la réfraction des ondes électriques ou du pouvoir inducteur spécifique.

On sait que les théories de Maxwell conduisent à attribuer aux diélectriques un pouvoir inducteur égal au carré de leur indice de réfraction. Or, tant qu'on ne posséda sur l'indice que des données déduites d'expériences optiques, cette loi sembla se vérifier bien mal.

Dans aucun cas, cependant, l'écart n'était aussi grand que dans celui de l'eau, pour laquelle le carré de l'indice est égal à 1,7 environ, alors que toutes les expériences récentes conduisaient à attribuer à son pouvoir inducteur la valeur énorme de 75 à 80. Ce n'est que lorsque l'on put effectuer des mesures directes de la longueur des ondes électriques ou de la refraction de ces ondes dans des prismes de grande dimension que l'on put vérifier la relation de Maxwell. On trouva dans ce cas un indice qui cadrait parfaitement avec la valeur du pouvoir inducteur.

L'eau est donc douée de réfraction anomale au plus haut degré. L'anomalie qui se manifeste déjà à une petite distance dans l'infra-rouge par une absorption énergique des radiations se poursuit ou recommence dans le spectre électrique. Mais l'eau n'est pas seule douée de cette anomalie; dans un travail présenté à la Société royale des sciences de Leipzig, M. Drude vient de montrer que tous les corps contenant l'hydroxyle (OH) sont doués de ce qu'il nomme l'anomalie électrique ; ces corps possèdent soit une valeur très élevée de l'indice pour les ondes électriques, soit une marche de l'indice qui va en croissant avec la longueur d'onde.

La cause de l'anomalie en général a été l'objet de recher-

ches théoriques auxquelles s'attachent les noms de Helmholtz et de lord Kelvin, pour ne citer que les principaux initiateurs de ces théories. Ils ont ramené l'anomalie de réfraction à une vibration propre des molécules consommant et dénaturant l'énergie vibratoire qui leur parvient. S'il est avéré que le groupe hydroxyle produit toujours l'anomalie électrique, on pourra en conclure que la période propre de vibration de ce groupe est relativement très lente. M. Drude fait d'ailleurs remarquer que la période de cette vibration est d'autant plus longue que le groupe est plus chargé d'autres atomes.

Ces remarques de M. Drude, fondées sur de nombreuses expériences, ramènent à un phénomène auquel M. Röntgen a consacré autrefois un travail de peu d'étendue et qui est resté à peu près inconnu, mais qui renferme peut-être l'idée la plus originale que l'on doive à l'heureux parrain des rayons X.

Rassemblant les diverses anomalies présentées par l'eau, — anomalie de dilatation, de compressibilité, de fluidité, etc., — il arrive à en conclure que, jusqu'à une certaine température, l'eau est une solution de glace. Il suffit, en effet, d'y réfléchir un instant pour se convaincre que, qualitativement du moins, toutes ces anomalies s'expliquent en supposant que l'eau tient en suspension ou en dissolution des particules de glace qui disparaissent peu à peu, soit par la chaleur, soit par la compression, et qui, dans ce dernier cas, laissent l'eau d'autant plus fluide qu'elle en contient moins. Au moment où M. Röntgen proposait cette théorie, on ne savait pas encore que la chaleur spécifique de l'eau passe par un minimum. J'ai eu l'occasion de faire remarquer déjà que l'existence de ce minimum apporte une vérification de plus à la théorie de M. Röntgen.

Cette idée n'en est pas restée là. Il y a quelques années, M. William Ramsay établit sa belle théorie de l'association moléculaire, suivant laquelle certains groupes d'atomes peuvent avoir une tendance à se ressembler même lorsqu'ils sont déjà pris dans un lien moléculaire. Parmi ces groupes l'hydroxyle joue un rôle fort important.

Qualitativement, cette idée conduit aux mêmes conclusions que celles de M. Röntgen, mais elle semble lui être préférable au point de vue quantitatif, car la chaleur de formation de ces groupes est très faible et suffit à expliquer les faibles ano-

malies observées; l'idée de M. Röntgen semblerait exiger de plus fortes irrégularités.

Combinons maintenant les recherches de M. Drude avec les idées de M. Ramsay; nous arriverons à cette conclusion qui les embrasse toutes les deux, que l'*anomalie électrique est une conséquence du groupement ou de l'association des molécules due à la présence du groupe hydroxyle.*

Les liens de molécule à molécule sont toujours très faibles; les diverses molécules enchaînées doivent donc posséder dans leur ensemble un mode vibratoire relativement lent. Ainsi s'explique que l'anomalie soit surtout électrique. Si ces conclusions sont exactes, on devra s'attendre à trouver l'anomalie diminuée et même à la voir disparaître aux températures élevées où l'association cesse d'exister.

CH.-ÉD. GUILLAUME.

(*La Nature*, 27 mars 1897.)

Le pouvoir inducteur spécifique de la glace.

J'ai cherché, dans un récent article (*), à faire ressortir une curieuse relation qui semble exister entre l'anomalie électrique et l'association moléculaire; j'insistais à ce propos sur l'action de la température, qui devait agir simultanément sur l'association et sur le pouvoir inducteur spécifique de l'eau. Je n'avais pas connaissance alors d'un fort intéressant travail de M. Drude, publié l'an dernier, et dans lequel cette action est mise en pleine lumière; la variation indiquée par M. Drude est de près de 5 pour 1000 par degré au voisinage de la température ambiante. Le pouvoir inducteur spécifique diminue, en même temps que l'association, lorsque la température s'élève.

Tant que l'eau est à l'état liquide, toutes les méthodes élec-

(*) *Le rôle physique de l'hydroxyle*, n° 1243, du 27 mars 1897, p. 262.

triques de mesure de la constante électrique s'accordent pour lui donner une valeur voisine de 80, aux températures ordinaires. Que l'on emploie en effet les méthodes quasi statiques ou des vibrations hertziennes de très courte période (jusqu'à des longueurs d'onde de 4 millimètres suivant M. Lampa), les différences sont peu marquées.

Il n'en est pas de même dans le cas de la glace. Ainsi, M. Bouty, travaillant avec un condensateur, lui attribue une valeur du même ordre que pour l'eau, tandis que M. Blondlot et M. Perrot, opérant avec des oscillations rapides, arrivent à 2,0, c'est-à-dire à un nombre très voisin du carré de l'indice pour les radiations lumineuses.

MM. Dewar et Fleming viennent d'apporter d'importants éclaircissements à ce problème en déterminant cette même constante pour la glace jusqu'à une température de — 185°. Ces habiles observateurs employaient une méthode statique, bien propre à mettre en évidence la variation de la grandeur qui, mesurée par cette méthode, possède peu au-dessous de 0 la valeur très élevée trouvée par M. Bouty.

A la température la plus basse à laquelle ils ont soumis la glace, MM. Dewar et Fleming trouvent que son pouvoir inducteur spécifique est égal à 2,83; il augmente lorsque la température s'élève, lentement d'abord, plus rapidement ensuite, pour arriver à la valeur 11 vers — 130°.

En même temps, la conductibilité de la glace augmente dans une énorme proportion. Entre — 185° et — 70°, cette conductibilité varie dans le rapport de 1 à 600.

Il semble en résulter que le pouvoir inducteur spécifique de la glace, mesuré par une méthode statique, est une fonction de la résistance spécifique, et probablement des résidus électriques emmagasinés par la glace. Le fait que les méthodes fondées sur les oscillations rapides donnent bien plus vite des valeurs faibles de la constante diélectrique est bien d'accord avec cette idée.

L'alcool présente des phénomènes tout à fait analogues. Il est bien certain que la conductibilité de l'eau ou de l'alcool est électrolytique et dépend de leur élasticité moléculaire; s'il n'en était pas ainsi, on ne s'expliquerait guère les variations très fortes trouvées par l'expérience.

Si nous partons de cette idée, nous pourrons en conclure que les corps possédant aux températures ordinaires des propriétés analogues à celles de la glace fortement refroidie, présenteront les mêmes phénomènes lorsqu'on les soumettra à des températures élevées. En ce qui concerne la conductibilité, l'expérience a été faite sur le verre, il y a quelques années déjà, par M. G. Foussereau, actuellement secrétaire de la Faculté des sciences de Paris; mais elle n'a pas été tentée, que je sache, pour le pouvoir inducteur spécifique; l'expérience serait intéressante et plus facilement accessible que les recherches nécessitant l'emploi de l'air liquide en quantités notables. C.-E. Guillaume.

(*La Nature*, 19 juin 1897.)

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod et P. Vicq.

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 Septembre-Octobre

NOTES

SUR LE

SERVICE TÉLÉPHONIQUE EN ALLEMAGNE

(Suite) (*)

Commutateurs multiples dicordes pour réseaux à simple fil de la Société Mix et Genest *de* Berlin. — La *Société Mix et Genest* construit, comme la maison *Stock*, des multiples dicordes à simple fil pour les réseaux téléphoniques de l'Empire allemand.

Tel est le commutateur de *Bochum* en *Westphalie*. Ce meuble est équipé pour 600 lignes réparties sur trois sections complètes. Chacune des sections a les dimensions d'un meuble dont la capacité totale serait de 4.200 lignes, s'il était complet.

Tel est aussi le multiple de *Dortmund* (*Westphalie*),

(*) Voir les numéros de Janvier-Février et Juillet-Août 1897.

équipée pour 600 lignes et dont la capacité pourrait aller jusqu'à 4.200.

Le meuble de *Dusseldorf* (*Rhin*) est semblable au précédent, de même capacité totale, mais il n'est installé et équipé que pour 1.600 lignes.

Un autre tableau du même système, avec les mêmes dispositions générales, est installé à *Stettin* (en *Poméranie*). Il est équipé pour 10.000 lignes desservies par 10 sections complètes, avec un tiers de section à chacune des extrémités du meuble.

Ces quatre tableaux présentent les mêmes groupements que tous les précédents; c'est-à-dire que chaque section, avec un personnel de trois téléphonistes, dessert 200 abonnés dont les annonciateurs et les jacks individuels sont répartis en 5 groupes de 40; mais l'ensemble de la section ne comprend que 40 paires de fiches, au lieu de 50, et autant de clés d'écoute réparties en 5 groupes de 8 correspondant aux groupes d'annonciateurs.

Les réseaux pour lesquels ils ont été installés ne comprennent qu'un bureau central.

Les réseaux de *Cassel* et de *Crefeld*, comme les précédents, ne comprennent qu'un seul bureau central.

Le premier de ces bureaux est desservi par un multiple, équipé pour 1.000 lignes; le second possède un multiple équipé pour 1.200 lignes. Dans l'un comme dans l'autre, les annonciateurs d'abonnés sont répartis sur des sections de 210 numéros; et groupés par 35 (5 rangées de 7), plus une rangée de fin dans chaque section. De cette façon, chacune des trois téléphonistes de la section a deux groupes de 35 à desservir, et à chaque panneau de jacks généraux correspond un groupe d'annonciateurs.

Le meuble de *Cassel* comprend ainsi 5 sections et deux tiers de section; et celui de *Crefeld* 6 sections et deux tiers de section.

A chaque groupe d'annonciateurs correspond un groupe de 7 paires de fiches avec cordons, et de 7 clés d'écoute.

La capacité totale du meuble du bureau n° VII de *Hambourg-Rotherbaum*, est comme pour les précédents, de 4.200 lignes d'abonnés, plus les lignes auxiliaires. Cet appareil comprend 14 sections de 210 numéros affectées aux lignes des abonnés.

En sus des 14 sections de lignes d'abonnés, le meuble comprend trois autres sections affectées aux 144 lignes auxiliaires d'arrivée, et desservant chacune 48 de ces lignes; soit 16 lignes par téléphoniste.

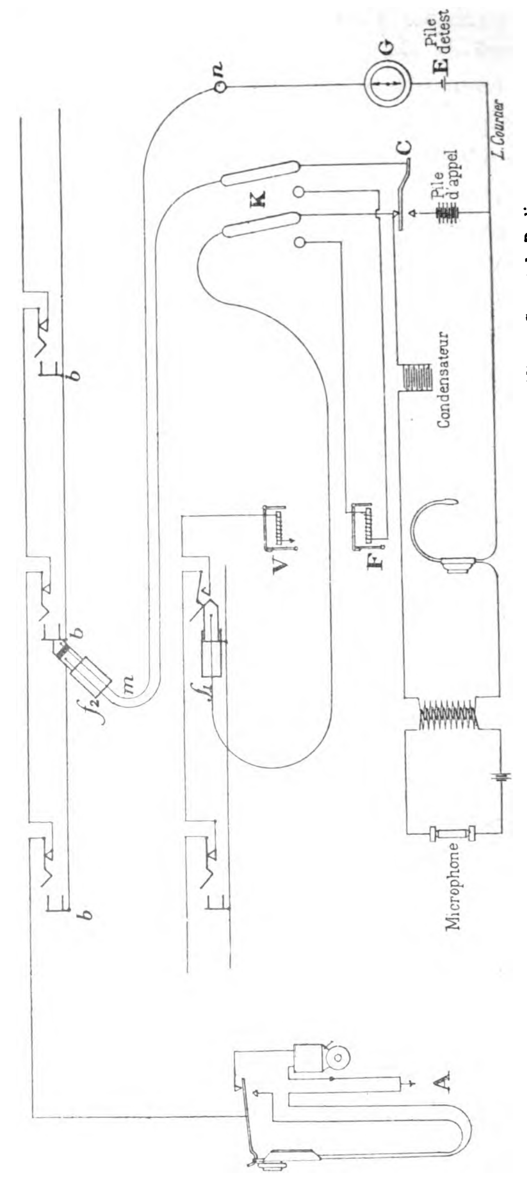
Il y a également 144 lignes auxiliaires de départ.

Montage électrique du multiple Mix et Genest. — J'expliquerai le montage électrique du multiple *Mix* et *Genest* en prenant comme exemple le multiple de *Hambourg-Rotherbaum* qui nous parait le plus complet parmi ceux que nous avons cités.

Comme les multiples dicordes de la maison *Stock*, cet appareil est disposé pour réseau à simple fil. Ses jacks sont montés en série les uns sur les autres. (Voir la *fig.* 10.)

Sur la gauche de la *fig.* 10, A représente le poste d'un abonné.

Toutes les bagues d'une série de jacks d'une même ligne sont reliées entre elles, et l'ensemble, à l'état de repos, est isolé, comme dans les autres multiples des réseaux allemands. De même, lorsqu'une fiche a été enfoncée dans l'un quelconque des jacks toutes les bagues sont mises, par ce fait, en contact métallique



Fg. 10. — Multiple dicorde, simples fils, jacks en série, de la Société Mix et Genest de Berlin (bureau central n° VII, à Hamburg-Rotherbaum).

avec la ligne correspondante, ou encore avec les deux lignes reliées par une des paires de cordons. Dans cet appareil comme dans les autres, le circuit d'épreuve emprunte donc les lignes extérieures; mais l'épreuve elle-même est un peu différente comme nous le verrons plus loin.

Nous allons suivre la manœuvre et décrire le fonctionnement de l'appareil, en donnant la spécification de ses divers organes au fur et à mesure que nous les rencontrerons.

Sous l'action du courant d'appel d'un abonné, le volet de son annonciateur V tombe. La téléphoniste le relève d'une main, et de l'autre introduit dans le jack individuel la fiche *antérieure* f_1 de l'une des paires disponibles. Elle est ainsi obligée de choisir la fiche antérieure, celle qui ne comporte qu'un seul massif métallique, comme les fiches des autres appareils allemands.

Elle place, en même temps, la clé d'écoute correspondante K sur la position d'écoute, celle de droite; et elle peut aussitôt saisir la seconde fiche f_2 de la paire pour se préparer à donner sans délai la communication demandée. Les autres multiples ne permettaient pas cette manœuvre préparatoire, parce que la seconde fiche devait, en demeurant dans son alvéole métallique, fermer par la terre le circuit du téléphone de l'employée; pour éviter cela, il a suffi de monter le susdit téléphone en dérivation sur la clé d'écoute qui relie les deux moitiés du cordon double, disposition qui est adoptée depuis de très longues années dans les commutateurs, même non multiplés, des autres pays.

On remarquera que le circuit secondaire du télé-

phone de service est coupé par un condensateur. Ce condensateur arrête les courants continus, mais laisse passer, comme on le sait, les courants alternatifs pourvu qu'ils soient d'assez haute fréquence. Par suite, il ne gênera en rien la correspondance entre la téléphoniste et l'abonné; mais il empêchera les courants d'appel de se perdre dans la dérivation du téléphone d'opérateur si ces courants sont produits avec *une pile et une clé ordinaire*, et s'ils doivent franchir le bureau central pour parvenir jusqu'à l'abonné demandé.

J'ai déjà dit, en effet, que, dans le système d'exploitation des réseaux allemands, la téléphoniste se borne ordinairement à établir la communication demandée par l'appelant, et lui laisse le soin de rappeler son correspondant dès que la connexion est réalisée. Il peut être quelquefois utile que la téléphoniste demeure dans la position d'écoute pendant que le premier abonné produit ses appels ; et alors le condensateur arrêtera les susdits courants continus.

Mais il n'en sera plus de même si les appels sont produits avec une petite magnéto ; il y aura alors dans le téléphone de l'opérateur une véritable dérivation, et des bruits que l'employée supportera très difficilement. Néanmoins, cette dérivation, comme on le sait, n'empêche pas les courants alternatifs d'arriver au poste extrême avec une intensité suffisante, pas plus qu'elle ne diminue d'une façon sensible les ondes téléphoniques entre les deux postes correspondants lorsque la téléphoniste écoute, en dérivation sur la ligne; elle les affaiblit même beaucoup moins qu'un électro embroché sur la ligne, tel que celui de fin de conversation F qui, par une anomalie qu'on ne s'explique pas, se trouve

placé en série sur la ligne lorsque la clé K est reportée sur sa position de gauche.

Épreuve ou test. — La téléphoniste ayant reçu la demande de l'abonné vient toucher avec la pointe de la seconde fiche la bague du jack général du correspondant demandé. La pointe de cette fiche est, comme nous l'avons vu, isolée du corps de la fiche; elle fait partie d'un branchement distinct. Dans ce branchement *bmn*GE, au moment du contact de la bague avec la pointe, circulera, si la ligne demandée est occupée, un courant dû à la pile E, où aux autres piles d'épreuve placées chez les abonnés; ce courant fera dévier le galvanoscope G. La dérivation sera nulle au contraire, si aucune des bagues *b* n'est occupée, c'est-à-dire si la ligne demandée est libre.

L'épreuve par l'inspection d'un galvanomètre, c'est-à-dire par l'œil, est moins naturelle que l'épreuve par l'oreille adoptée généralement, parce qu'elle impose à la téléphoniste le soin de consulter à chaque opération un nouvel instrument alors que son propre téléphone pourrait lui donner les mêmes indications. On rencontre donc là une petite complication dans l'exploitation, en même temps que dans l'installation technique des appareils. Il est vrai que le galvanomètre, n'obéissant qu'à des courants continus, éliminera certaines chances d'erreur qui, dans l'épreuve par l'oreille, peuvent provenir de courants parasites et momentanés, dus soit à l'induction des fils voisins dans l'appareil, soit à la capacité de ces fils.

D'ailleurs, il n'est pas sans intérêt de remarquer que le système *Mix et Genest* permet de faire aussi l'épreuve par l'oreille en se servant de la première

fiche f_1, c'est-à-dire de celle à massif et conducteur uniques. Pour cela on emploiera la fiche f_2 pour répondre au premier abonné appelant, et la pointe de la fiche f_1 appuyée sur la bague de l'un des jacks généraux de l'abonné demandé, on percevra dans le téléphone d'opérateur un toc dû aux piles d'épreuves des postes de l'abonné, ou au moins à l'une d'elles, pourvu que l'un des abonnés au moins ait à ce moment ses récepteurs décrochés. Pour l'application pratique de ce procédé il faudrait déplacer la clé d'appel C, ou mieux en installer une seconde permettant d'appeler sur f_1 comme sur f_2.

D'ailleurs, ce procédé est en défaut dans le cas où aucune pile d'abonné ne se trouverait à ce moment même sur la ligne, c'est-à-dire qu'alors l'épreuve, étant négative, laisserait supposer que la ligne essayée n'est reliée à aucune autre, alors qu'elle l'est réellement et que les correspondants se sont simplement retirés ou mis dans la position de repos, la téléphoniste du tableau correspondant n'ayant pas encore supprimé la communication demandée.

On remédierait à ce défaut en intercalant un élément d'épreuve dans la branche du circuit qui comprend déjà la clé d'appel C, le condensateur, le téléphone d'opérateur et la terre.

C'est la disposition adoptée, en somme, dans la *fig.* 10 *bis*, qui est une variante du montage représenté par le schéma n° 10, sur laquelle je reviendrai et où l'on voit l'élément d'épreuve figuré en CB.

Digression sur le contrôle des fins de conversation. — Indépendamment des observations qui précèdent, l'adoption de ce procédé ferait renoncer à une fonction

à laquelle peuvent être employées toutes les fiches f_1 et qui n'est autre que le *contrôle de fin de conversation* dont nous avons parlé à propos des multiples précédents. Nous venons de voir, en effet, que par la fiche f_1 on perçoit un toc toutes les fois qu'une ligne est occupée ou retenue, et que ce toc n'est plus perçu dès que la communication est terminée, alors même que la ligne essayée est encore reliée à une autre ou à un poste de téléphoniste. C'est en cela précisément que consiste le contrôle de fin de conversation. Par conséquent, la téléphoniste, pour s'assurer si les communications établies sur son tableau doivent ou non être maintenues, n'aura qu'à prendre une quelconque des fiches f_1 de l'une des paires disponibles, en laissant la seconde fiche f_2 au repos dans son alvéole, et à toucher avec la pointe de f_1 les culasses des fiches enfoncées dans les jacks de son tableau, après avoir placé la clé d'écoute K sur la position de droite. Si une pile d'épreuve se trouve sur la ligne, c'est-à-dire si la ligne est encore occupée, la téléphoniste percevra un toc dans son téléphone.

Mais, comme nous l'avons dit à propos des autres multiples, ce contrôle est en défaut lorsqu'un abonné a négligé de raccrocher ses récepteurs; il peut de même être trompeur si, pour une raison quelconque, un courant ou une charge parasite occupe la ligne, comme cela arrive très souvent avec les réseaux à simple fil, soit à cause de l'induction ou des dérivations des fils industriels, soit à cause des courants de terre.

Après cette digression sur le contrôle des fins de conversation, revenons aux opérations de la télépho-

niste que nous avons laissée au moment où elle venait de faire l'épreuve de la ligne demandée.

Si, par l'immobilité du galvanoscope G, elle a constaté que cette ligne est libre, elle achève d'introduire la fiche f_2 dans le jack *b*. Dès lors, toutes les couronnes de la série *b* seront en communication avec les deux lignes extérieures et donneront le signe de *ligne occupée* lorsqu'une autre téléphoniste viendra toucher une bague quelconque de cette série.

Dès lors aussi, l'abonné appelant est relié à la ligne demandée ; la téléphoniste l'invite aussitôt à appeler son correspondant (abonné ou bureau central intermédiaire), et elle se retire en reportant la clé d'écoute sur la position de gauche de la *fig.* 10, manœuvre par laquelle elle substitue à son appareil téléphonique l'annonciateur de fin de conversation, avec cette différence, néanmoins, que ce dernier électro est intercalé en série entre les deux lignes, tandis que l'appareil d'opérateur était, lui, placé en dérivation.

A ce sujet j'ai déjà dit combien devait être fâcheux, pour l'audition, *l'embrochage* de cet électro dont la self-induction n'est pas négligeable, surtout lorsque la même disposition se répète, pour la même communication, dans un second bureau central. J'estime même que cette disposition, qui a dû être adoptée en vue de faciliter les appels d'abonné à abonné à travers le poste central, n'est pas plus heureuse pour les appels en question lorsqu'ils sont produits par les courants alternatifs d'une petite magnéto, c'est-à-dire pour le cas général.

J'ai dit ci-dessus que la téléphoniste laissait à l'abonné le soin de rappeler son correspondant : cette règle souffre exception lorsque l'appel de l'abonné

doit franchir deux postes centraux. Dans ce cas, l'employée du second central rappelle l'abonné extrême au moyen de la clé d'appel C. C'est une clé *simple* à une seule direction qui ne permet l'appel que sur la seconde moitié Cf_2 du cordon double. Elle est en général suffisante, puisque la téléphoniste, lorsqu'elle doit appeler, n'a à le faire que sur la ligne de l'abonné demandé, et comme, en vue de *l'épreuve*, elle a déjà été obligée de choisir sa fiche dans l'une des paires disponibles, elle n'aura pas à recommencer son choix pour l'appel. Néanmoins, il serait bien facile d'avoir une clé à deux directions permettant au besoin de rappeler le premier abonné si celui-ci s'était retiré. Le montage existant suppose que l'abonné appelant demeure à l'appareil jusqu'à ce que la communication ou une réponse définitive lui soit donnée, car, pour le rappeler, la téléphoniste serait obligée d'extraire la fiche f_1 du jack individuel pour la remplacer par une fiche f_2. Cette manœuvre assez anormale et compliquée doit être quelquefois nécessaire lorsque l'abonné s'est retiré; et particulièrement lorsqu'il a demandé une communication interurbaine.

De fait, chaque section d'un multiple ne comporte *que trois boutons* d'appel, c'est-à-dire par téléphoniste, un seul bouton et par suite une seule clé simple, celle qui sur la *fig.* 10 est représentée en C entre la clé d'écoute et le téléphone d'opérateur.

De même, on ne voit sur cette figure qu'un seul galvanoscope G sur lequel sont montés en dérivation en n tous les conducteurs mn du cordon de la fiche f_2 de la *fig.* 10.

Nous avons vu précédemment que la téléphoniste, à l'appel d'un abonné, devait choisir, dans chaque paire

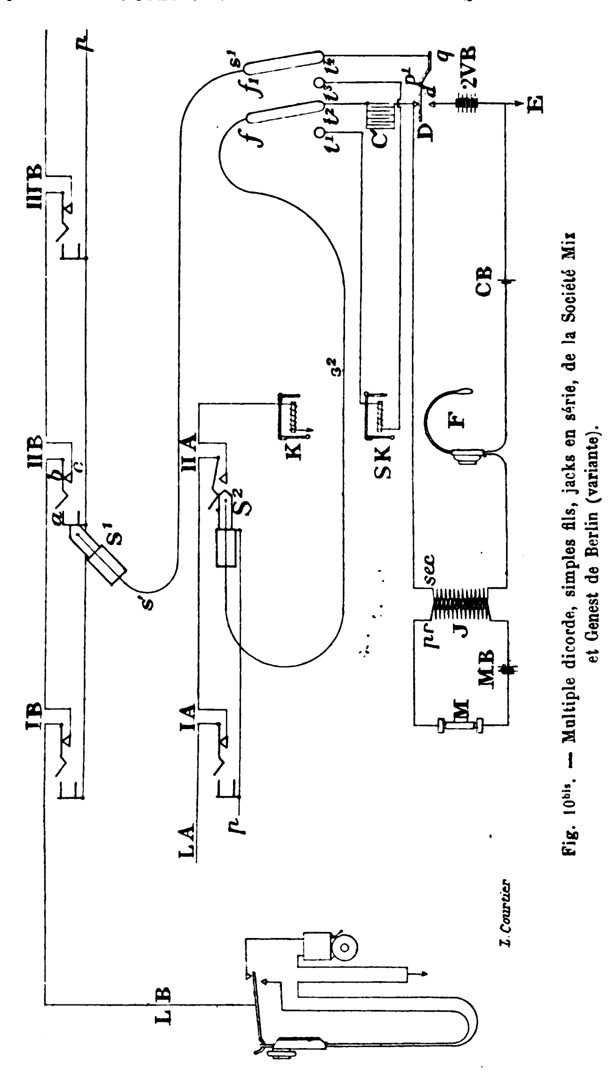


Fig. 10[bis]. — Multiple dicorde, simples fils, jacks en série, de la Société Mix et Genest de Berlin (variante).

de fiches, la fiche à employer. Dans le système d'appareil qui nous occupe, en admettant même une clé d'appel à *deux directions*, on n'éviterait cet inconvé-

nient qu'à la condition d'avoir des fiches identiques entre elles; mais alors on devrait renoncer au contrôle des fins de conversation si l'on prenait des fiches en deux parties; ou bien à la fois à ce contrôle et à l'épreuve par le galvanomètre qui serait remplacée par l'épreuve à l'oreille, si l'on prenait exclusivement des fiches en une seule partie.

C'est une solution de cette espèce qui est représentée par la *fig.* 10 *bis*, à laquelle nous avons déjà fait allusion, et qui répond à la plus simple des deux alternatives que nous venons d'énoncer. Elle ne comprend plus, en effet, l'épreuve par l'œil au moyen d'un galvanoscope qui ne figure plus dans le montage; mais elle ne permet pas d'effectuer le contrôle des fins de conversation, qui exigerait l'emploi de fiches et cordons spéciaux, si on voulait réaliser ce contrôle.

Un élément d'épreuve est intercalé en CB dans le circuit du poste d'opérateur et permet de faire l'épreuve des lignes par l'une ou l'autre des deux fiches. Néanmoins, ce montage est encore incomplet en ce sens que l'employée est toujours obligée de choisir sa fiche, bien que toutes les fiches soient identiques, parce qu'elle ne dispose que d'une clé à une seule direction affectée à une fiche déterminée dans chaque paire. Il faudrait donc, pour compléter l'ensemble un second bouton d'appel, comme je l'ai indiqué ci-dessus.

En réalité cette solution ne semble pas avoir eu d'application importante puisque tous les exemples de multiples *Mix et Genest*, que j'ai cités, sont du type de la *fig.* 10.

Multiple dicorde à effacement électrique des annon-

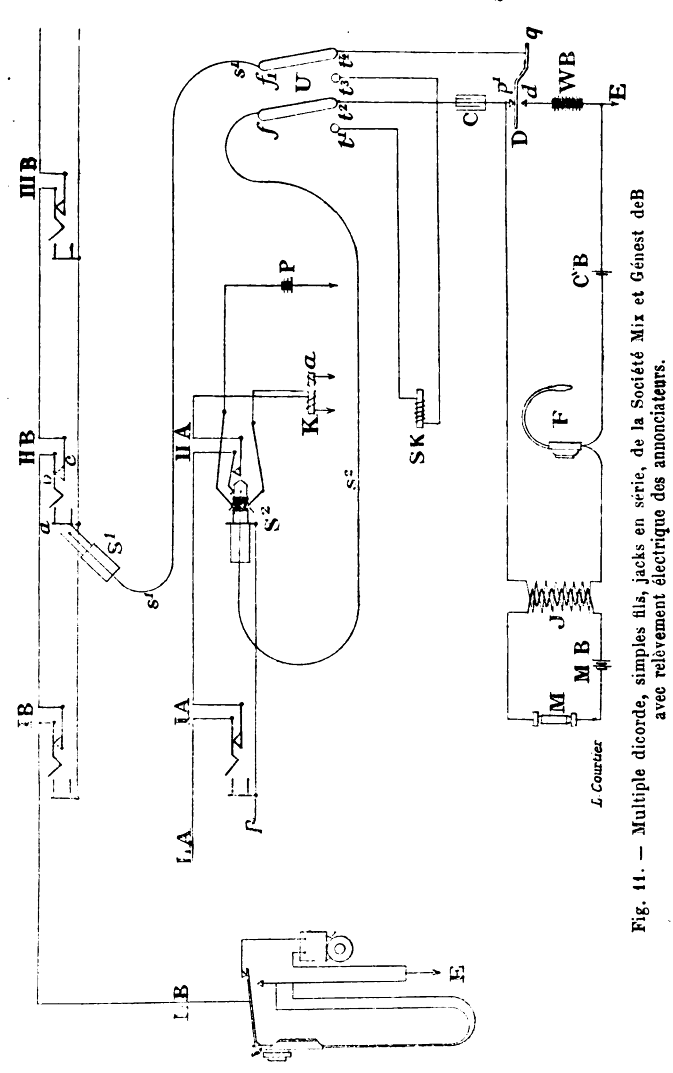


Fig. 11. — Multiple dicorde, simples fils, jacks en série, de la Société Mix et Génest deB avec relèvement électrique des annonciateurs.

ciateurs, *de* MM. Mix et Genest. — La *Société Mix et Genest* a établi un projet de multiple dans lequel les volets des annonciateurs pourraient être relevés élec-

triquement à distance par le seul fait de la manœuvre des fiches. Cette disposition permet de placer les annonciateurs hors de la portée de la téléphoniste, et de donner leurs places à de nouveaux jacks. Grâce à la place assez considérable ainsi gagnée et à la diminution du diamètre des jacks, la capacité des multiples *Mix et Genest*, qui, dans le système ci-dessus décrit, serait limitée à 5.400 lignes, pourrait être portée à 10.800, dit le constructeur.

Mais il importe d'observer que ce projet ne s'applique qu'à un réseau à simple fil, et que les jacks seraient montés en série. Le montage général de l'appareil est, d'ailleurs, indiqué sur la *fig.* 11. La disposition des jacks généraux, de la clé d'écoute, du bouton d'appel et du poste d'opérateur y est la même que sur la *fig.* 10bis.

L'une des fiches de chaque paire, la première que doit saisir la téléphoniste à l'appel d'un abonné, porte une bague métallique isolée du reste du massif de cette fiche. Le jack individuel lui-même comprend deux ressorts supplémentaires : l'un de ces ressorts est relié au pôle positif d'une pile dont l'autre pôle est à la terre, le second ressort est relié à un électro spécial faisant corps avec celui de l'annonciateur d'abonné. Lorsque la fiche S_2 est enfoncée dans ce jack individuel, sa pointe extrême est en contact avec la ligne de l'abonné, et sa bague métallique ferme le circuit de la pile P à travers l'électro spécial qui produit l'effacement du signal et bloque l'annonciateur.

L'épreuve de toute ligne se fait par l'oreille au moyen de l'une ou de l'autre des deux fiches de chaque paire, comme dans le croquis 10bis, au moyen de la pile d'épreuve CB et par la charge ou la décharge du con-

densateur C à travers le récepteur téléphonique F.

Mais, comme je l'ai dit, à l'appel d'un abonné la téléphoniste est obligée de choisir sa fiche, c'est-à-dire de prendre d'abord, pour répondre, la fiche S_2, celle qui lui permettra d'effacer automatiquement l'appel reçu; et d'employer en second lieu la fiche S_1, la seule des deux par laquelle elle pourra rappeler au moyen de la clé D *q*.

L'obligation de choisir les fiches, qui est critiquable, serait évitée si ces fiches étaient toutes identiques à S_2 et si l'on employait un second bouton d'appel, comme je l'ai indiqué ci-dessus, après avoir reporté le condensateur C entre D et le fil secondaire de la bobine d'induction du poste d'opérateur.

Le projet n'applique pas l'effacement électrique aux annonciateurs de fin de conversation; et d'une façon générale, il ne paraît pas étudié avec autant de détail que celui de *M. Stock* et, en particulier, que l'appareil mis en essai par ce dernier constructeur dans les bureaux de *Moabit* et de *Lutzow Strasse*.

Les multiples installés par la *Société Mix et Genest* sont d'une construction soignée. Les particularités saillantes que l'on relève sur les organes de détail se rapportent aux électros d'annonciateurs et aux cordons souples.

Les électros représentés en coupe par la *fig.* 12 sont à réglage, et ce réglage est facilement réalisable par le devant du tableau au moyen de la vis sans fin S_2 qui dans son mouvement de rotation fait avancer ou reculer à volonté le curseur K et par suite tendre ou détendre le ressort antagoniste S.

L'encoche de la tige, qui retient à l'état de repos, le volet de l'annonciateur est d'une forme spéciale. Lors-

qu'on relève ce volet la partie supérieure du trou, dans lequel s'engage la pointe de la tige mobile, vient passer et glisser sur le dos de cette pointe dressé en plan incliné et rabat légèrement cette tige de façon à décoller l'armature si par hasard elle était restée collée sur le noyau de l'électro.

Les *cordons* présentent cette particularité de former une sorte de tube élastique, constitué au moyen d'un

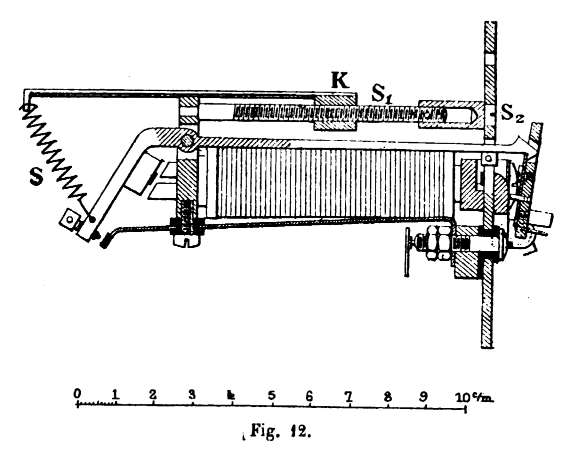


Fig. 12.

ruban d'acier tordu en spirale et garni d'une tresse de fort lin suédois.

Les annonciateurs, que nous venons de voir, sont évidemment soignés; mais ils me paraissent un peu compliqués. Quant aux cordons, leur mode de construction leur enlève beaucoup de souplesse; et, à ce point de vue, ils ne sont recommandables que pour des opérateurs manœuvrant avec une certaine brutalité habituelle.

A part ces quelques détails peu importants, les appareils de la *Société Mix et Genest*, comme ceux de la

maison *Stock*, rappellent par l'aspect de leurs diverses pièces et par leurs dispositions générales ceux qui nous ont été livrés depuis longtemps par la Société de matériel téléphonique de Paris.

3° Organes accessoires.

Paratonnerres. — Les paratonnerres disposés à l'entrée des fils sont les mêmes pour les conducteurs aériens que pour les conducteurs en câbles; ils sont du modèle à bobine déjà décrit ci-dessus à propos des postes d'abonnés. Ils sont groupés par tablettes de 56 paratonnerres, et dans chaque tablette par deux rangées de 28 paratonnerres.

La surveillance, l'entretien et la réparation de ces paratonnerres sont très faciles. Ils sont, parait-il, très efficaces.

Répartiteurs. — Les répartiteurs ne sont que la reproduction ou l'imitation des modèles de la *Western electric C°;* comme ces derniers, ils sont très commodes, mais ils ne présentent rien de nouveau.

Dans la salle des répartiteurs se tiennent généralement les agents chargés de localiser les dérangements. Dès qu'une ligne défectueuse leur a été signalée, ils l'amènent à un petit tableau spécial, et, s'il a été établi que le défaut est sur une ligne, un sous-agent part à la recherche de ce défaut et achève la localisation soit en parcourant la ligne, soit en la coupant et en correspondant par son téléphone portatif avec l'employé qui tient le fil en observation.

Piles et générateurs d'électricité. — Les piles em-

ployées sont de trois modèles différents, déjà employés ou essayés en France : Leclanché, Callaud et pile sèche modèle Gassner.

Le dernier est employé dans quelques bureaux pour les microphones des téléphonistes, et son adoption n'est pas définitive.

La pile Leclanché, employée seulement pour les appels, est d'un usage très restreint.

Le type le plus employé, tant pour les microphones que pour les appels, est le type Callaud au sulfate de cuivre, à peine modifié et désigné en Allemagne sous le nom d'élément Krüger. La modification consiste en ce que les trois crochets de suspension, au lieu d'être en fil de cuivre rapportés, font corps avec le cylindre de zinc, c'est-à-dire qu'ils sont moulés avec lui. Certainement cette modification ne suffit pas pour caractériser un type nouveau et justifier la dénomination nouvelle de l'élément; mais il me semble que, dans notre modèle, les crochets de cuivre en contact avec le zinc ne sont pas recommandables, que, d'autre part, la main-d'œuvre est diminuée par le fait du moulage de crochets en zinc avec le cylindre de même métal; et que le prix des matières premières n'en est pas augmenté, puisqu'on retrouve immédiatement dans les crochets le zinc non attaqué et prêt à être moulé de nouveau.

Dans le modèle *Krüger*, le pôle cuivre est constitué au moyen d'une plaque horizontale reposant sur le fond du vase.

Des essais partiels d'accumulateurs chargés par le réseau d'éclairage sont faits dans quatre postes centraux du réseau téléphonique de Berlin.

On affecte un élément aux microphones, un élément

spécial aux circuits d'épreuve; et enfin on prend huit éléments pour les appels.

Mais, dans chaque poste de téléphoniste, une résistance est embrochée sur les circuits des piles d'appel avant les clés; la clé de grande pile est précédée d'une résistance de 30 ohms et celle de petite pile de 80 ohms.

Je dirai en passant que ces essais ne sont pas aussi avancés que ceux qui ont été entrepris pour l'emploi des accumulateurs dans les grands bureaux *télégraphiques* de Berlin ; au central de la *Französische strasse* et à la Bourse. Là les accumulateurs semblent être définitivement adoptés; mais ils sont chargés directement par une pile Callaud grand modèle, comportant en surface deux rangées ayant chacune en série le nombre d'éléments suffisant pour atteindre le voltage le plus élevé du bureau; cette pile charge directement et d'une façon permanente un nombre d'accumulateurs en série représentant le même voltage total; et, c'est sur cette batterie d'accumulateurs que sont prises les dérivations correspondant aux divers voltages employés dans le bureau.

Poste central de Stuttgard. — Avant de quitter le sujet des bureaux centraux, j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de présenter quelques renseignements spéciaux au poste central de *Stuttgard.*

Le réseau de *Stuttgard* est installé au simple fil; mais les conducteurs des câbles (modèle *Felten Guilleaume*) sont groupés par paires; quant au commutateur multiple desservant le réseau, il est monté au double fil, le fil de retour étant mis à la terre à la sortie du poste; de telle sorte que toute l'installation

est préparée pour le doublement éventuel des lignes.

Cet appareil a été construit par la *Western electric C°* et installé en 1895.

Il est du modèle adopté dès 1894, en France pour les multiples de *Rouen* et du *Havre*.

Une description détaillée de toute l'installation a été donnée par l'*Elektrotechnische Zeitschrift* n°s 23, 24, 25 et 30 de 1895 (*).

Comme, pour les multiples de *Rouen* et du *Havre*, on a adopté le montage au double fil, bien que le réseau soit encore construit au simple fil; de même, les jacks sont montés en dérivation; et les annonciateurs sont à effacement automatique ou plus exactement électrique.

La salle des lignes interurbaines présente quelques particularités. Au milieu de la pièce se trouve une table horizontale de jacks multiplés avec les autres jacks généraux des tables urbaines. La disposition horizontale a été adoptée par raison d'économie; de cette façon, une seule table de jacks, commune à tous les tableaux interurbains, suffit pour tous les employés de la salle. Mais l'économie, dont il s'agit, de l'aveu même du constructeur, ne suffit pas à rendre cette disposition recommandable. Pour les connexions à établir entre les lignes interurbaines et les abonnés locaux, il a fallu, en effet, combiner des cordons doubles avec fiches dont une moitié se trouve sur un des tableaux interurbains, et dont l'autre, reliée à la première par des câbles fixes dans des gaînes ou cimai-

(*) On peut se reporter, pour le principe de l'appareil, à la description donnée par M. de la Touanne dans le numéro des *Annales* de septembre-octobre 1894.



ses, est portée par une sorte de suspension fixée au plafond de la salle.

Les tableaux interurbains sont des meubles de la forme générale des *standards* de 50 numéros, mais ne portant que les annonciateurs et les jacks nécessaires pour 10 lignes interurbaines, pour le multiplage de ces tableaux entre eux, pour les organes de liaisons et pour quelques lignes auxiliaires.

On voit immédiatement que, pour relier une ligne interurbaine à un abonné local, l'employé doit quitter sa place, se lever et se retourner pour atteindre le jack général de l'abonné de *Stuttgard*. Sans qu'il soit nécessaire d'y insister, c'est là l'inconvénient le plus sérieux qui empêche de recommander cette disposition.

D'autre part, les cordons doubles, dont nous venons de parler, ne peuvent pas servir aux connexions de deux lignes interurbaines d'un même tableau ou de deux tableaux différents; on est donc obligé d'avoir sur chaque commutateur interurbain plusieurs sortes de cordons.

Toutefois, il convient de remarquer que les jacks de la table horizontale sont des jacks à rupture placés à l'entrée de chaque ligne avant l'arrivée au grand multiple local. L'introduction d'une fiche dans ces jacks coupe toute liaison avec le multiple dans le but de soustraire les communications interurbaines aux chances de dérangement, aux phénomènes de capacité, d'induction et autres influences fâcheuses qui pourraient provenir du multiple en question. C'est là, une très bonne mesure, imitée du reste d'une disposition analogue adoptée déjà depuis longtemps pour le multiple de *Paris-Gutenberg*, et pour tous ceux de construction plus récente en France.

Locaux des divers bureaux centraux. — Les divers bureaux centraux téléphoniques de l'office allemand sont bien aménagés. L'air et la lumière y abondent. L'éclairage artificiel, généralement électrique, y est toujours très bien distribué, sans parcimonie. Pendant le jour, la lumière naturelle arrive à profusion toujours par le plafond, à de très rares exceptions près, sans préjudice de la lumière fournie par les baies latérales; de cette façon, les tableaux se présentent aux regards des téléphonistes et des surveillants dans les meilleures conditions d'éclairement; et l'arrière des meubles est lui-même presque toujours assez bien éclairé pour que la recherche des dérangements ou les réparations puissent être faites pendant le jour avec la plus grande facilité et sans le secours d'une lumière artificielle.

4° Petits bureaux centraux.

On retrouve dans les petits bureaux centraux les mêmes appareils accessoires que dans les grands bureaux, et l'application des mêmes principes généraux dans leur installation.

J'entends par petits bureaux ceux qui ne sont pas dotés de commutateur multiple. Néanmoins leur importance peut être relativement assez grande, telle que celle du central de *Potsdam*, qui dessert environ 400 abonnés.

L'Administration allemande a simplement installé dans ces petits centraux des tableaux provenant de postes plus importants après leur transformation et l'adoption des multiples. Ce sont des tableaux de 50 numéros du genre *Siemens*, représentés par la

fig. 13, et assez connus pour que je n'en aborde pas la description. Le nombre de ces tableaux dépend dans chaque bureau du nombre des abonnés du réseau; ils sont juxtaposés et comprennent un nombre de lignes de renvoi en rapport avec le nombre des tableaux eux-mêmes.

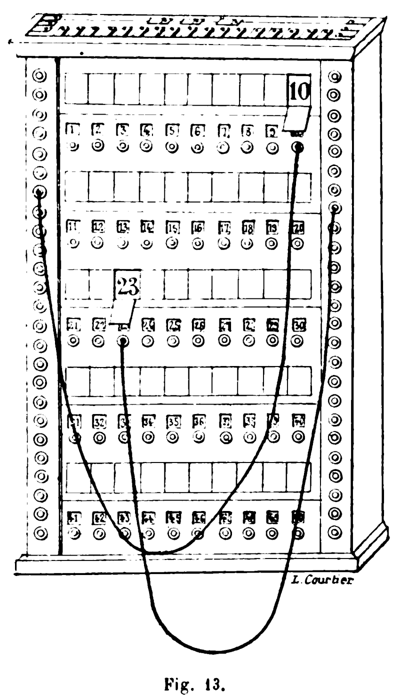


Fig. 13.

Ces appareils sont très suffisants pour les petits bureaux, ils me paraissent même préférables, quoique antérieurs, aux anciens tableaux de la Société des téléphones, parce que, à dimensions égales, ils offrent une plus grande capacité.

Ils sont, en outre, très robustes. Les connexions sont réalisées par des cordons indépendants, de telle sorte que les dérangements des organes de connexion ne peuvent pas affecter les lignes des abonnés, comme cela se produirait avec un système monocorde.

Néanmoins, il est probable que, si elle ne se trouvait pas en présence d'un grand nombre de tableaux anciens, qu'elle veut utiliser, et si elle avait à combiner un modèle nouveau, l'Administration allemande adopterait

un type plus perfectionné et d'une manœuvre plus commode, comme elle l'a fait pour les tableaux interurbains qui ne desservent qu'un petit nombre de lignes et dont le type rappelle beaucoup l'appareil *Standard* dicorde. Il est certain aussi que, mettant à profit, comme pour les tableaux interurbains, l'expérience malheureuse des monocordes multiples, elle adopterait un modèle *dicorde*, c'est-à-dire à organes de connexion indépendants.

5° Installations interurbaines.

Je classe sous ce titre les installations adoptées dans les bureaux centraux pour le service de circuits interurbains.

Ces lignes sont, en effet, amenées à des tableaux spéciaux, complètement distincts des appareils qui desservent les réseaux locaux.

Le montage des tableaux interurbains allemands est très compliqué, les manœuvres qu'ils imposent aux téléphonistes sont longues et nombreuses. La *fig.* 14 donne le schéma des communications de ces tableaux. Je me contenterai d'en signaler les points particuliers ; le croquis deviendra plus facile à comprendre après ces explications.

J'ai pensé qu'il serait bon tout d'abord de rapprocher du schéma n° 14 celui des installations interurbaines françaises qui est indiqué au croquis n° 15, et auquel il suffirait d'ajouter, pour le compléter, la clé d'écoute permettant d'intercaler à volonté sur un quelconque des cordons doubles soit l'électro de fin de conversation, soit le téléphone d'opérateur avec sa clé et sa pile d'appel. La simple comparaison des deux installations fait

ressortir la simplicité et la supériorité du dispositif français ; il s'agit bien entendu du type adopté à Paris et appliqué dans d'autres centres, et non des montages

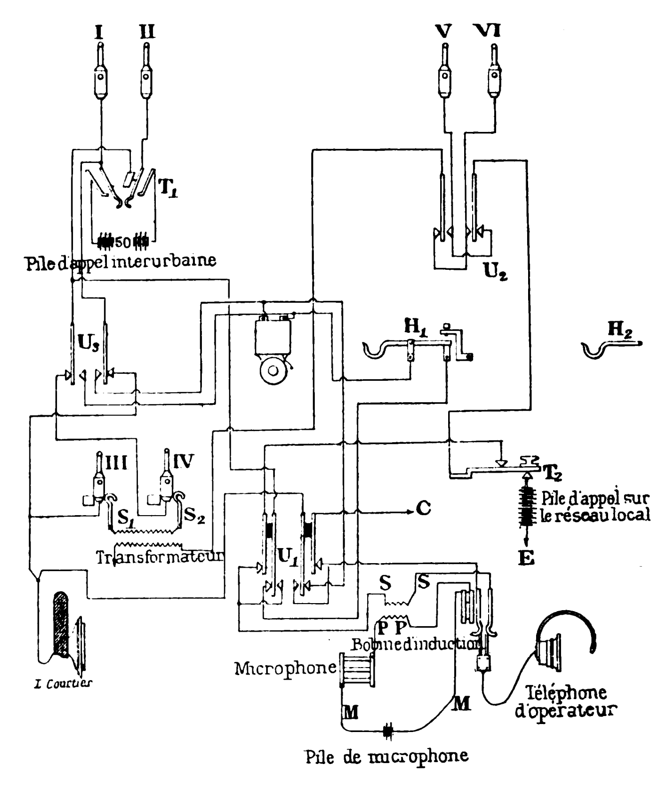


Fig. 14. — Montage des postes interurbains pour les bureaux allemands avec tableaux multiples.

dissymétriques que l'on trouve dans certains tableaux monocordes du type des petits bureaux.

On remaque tout d'abord que les fiches I, II, III et IV sont simples, bien que servant à des connexions de lignes doubles. Il en résulte, que pour prendre com-

munication avec une de ces lignes, il faut introduire deux fiches dans deux jacks.

Les divers jacks du tableau n'ont pas été représentés sur le schéma ; leur présence sur le croquis ne ferait que compliquer encore d'avantage cette figure.

Une première clé à levier U_3 sert à amener la ligne

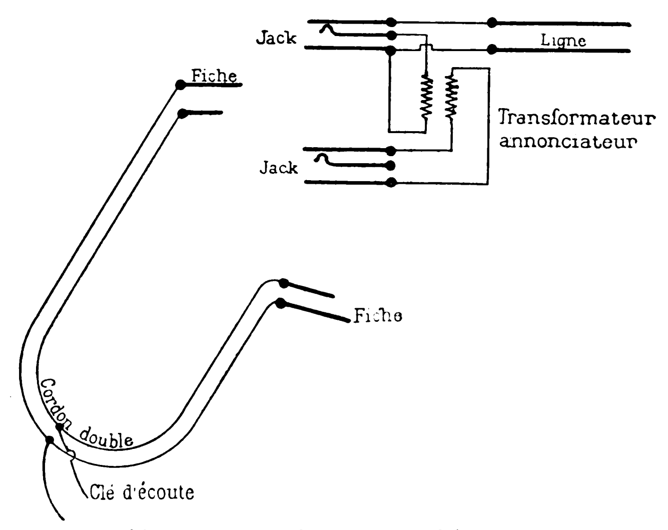


Fig. 15. — Schéma des postes interurbains français.

de la position d'attente (sur sonnerie), à la position de travail. Avec la clé U_1 la téléphoniste peut placer son appareil soit sur la ligne interurbaine, soit sur la ligne de l'abonné. Pour se mettre en communication, cette employée est donc obligée de manœuvrer deux fiches et deux clés, sans compter la clé d'appel, et, le cas échéant, une troisième fiche V ou VI pour se relier au réseau local.

Indépendamment du téléphone d'opérateur, l'installation comporte un récepteur de contrôle dont l'utilité

ne peut s'expliquer que par la complication des manœuvres ci-dessus ; au cours d'une conversation la téléphoniste, en embrochant ce téléphone sur la ligne, peut se dispenser de manœuvrer les clés d'écoute dont il vient d'être question. Ce récepteur une fois suspendu à son crochet de repos, est mis en court circuit.

La connexion de deux lignes à double fil exige l'introduction de quatre fiches I, II, III et IV dans les jacks correspondants. Pour relier un abonné à une ligne interurbaine trois fiches suffisent, y compris I et II, grâce à l'introduction d'un transformateur. Mais celui-ci est relié au circuit d'une façon assez défectueuse par les culasses des deux fiches III et IV et les ressorts cachés dans les alvéoles de repos de ces fiches.

La communication avec la terre, donnée par l'alvéole de la fiche III, est absolument inutile dans le cas d'une ligne interurbaine à un seul fil, car il suffirait alors d'introduire I dans un jack de terre; en outre, dans le cas d'une ligne double, elle est nuisible.

Les lignes auxiliaires entre la salle interurbaine et les divers centraux locaux aboutissent toutes à un même tableau intermédiaire, et chacune à un annonciateur dans ce tableau qui est desservi par un employé spécial, chargé de répartir les demandes émanant du réseau.

Chaque tableau interurbain comporte d'ailleurs un certain nombre de jacks d'attente sur lesquels on renvoie, par les lignes auxiliaires, les abonnés qui ont demandé une communication, ou qui ont été demandés et qui attendent ainsi leur tour; de telle sorte que, dès que ce tour est arrivée, la téléphoniste interurbaine n'a qu'à rappeler l'abonné qui doit répondre immédiatement à cet appel ou est considéré comme

ayant renoncé à la communication, sans préjudice de la taxe à percevoir quand même. Les deux fiches V et VI avec la clé U_2 servent aussi à réaliser rapidement ces connexions ; les deux fiches étant enfoncées, chacune dans un jack, l'une d'elles est en service, pendant que l'autre est dans le jack du premier abonné à passer, lequel est mis en communication avec la ligne, dès que le premier a fini, par la simple manœuvre de la clé U_2 et ainsi de suite.

A mon avis le transfert de la fiche d'un jack à l'autre donnerait plus simplement le même résultat. Quoiqu'il en soit, il n'est pas sans intérêt de constater les efforts tentés en vue d'activer les communications, tout en remarquant que les moyens adoptés conduisent par leur complication à un résultat quelque peu différent du but poursuivi.

Les tableaux interurbains qui nous occupent sont réalisés sous des dimensions et des formes qui rappellent les appareils *Standard*, aux nombres d'annonciateurs et de jacks près.

Chaque meuble à Berlin ne dessert qu'une seule ligne interurbaine, ou plus exactement qu'une seule ville ; car si la même ville possède plusieurs circuits avec Berlin, ces circuits aboutissent au même tableau de la salle interurbaine.

Au mois d'octobre 1895, vingt-huit villes, y compris Strasbourg de liaison toute récente, étaient ainsi reliées au réseau de la capitale de l'empire.

Tableaux interurbains Mix et Genest. — Plus récemment l'Administration allemande a fait construire par la maison *Mix et Genest* des tableaux destinés au service des circuits interurbains et légèrement per-

fectionnés par rapport aux précédents. Les perfectionnements résident plutôt dans la construction que dans le principe du montage ou de l'installation.

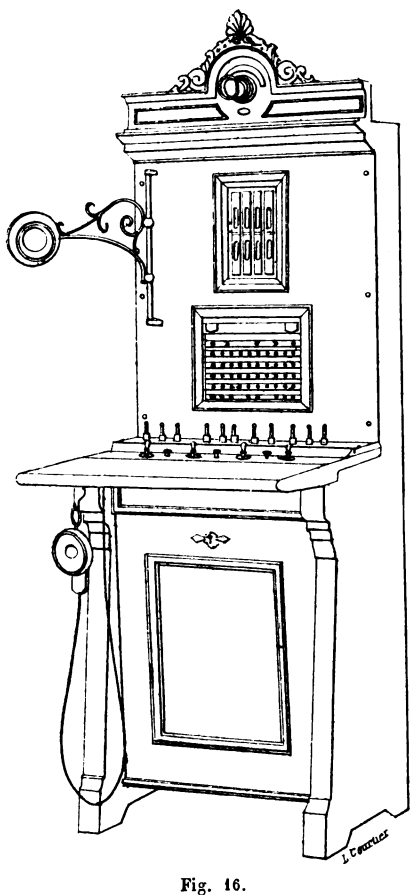


Fig. 16.

Ces commutateurs sont représentés, comme vue d'ensemble, par la *fig.* 16.

Ils sont disposés pour desservir *deux* circuits interurbains.

Ces tableaux comportent des compteurs de temps, qui ne sont autres que des sabliers pivotant autour d'un axe horizontal passant par leur milieu et dont l'écoulement dure exactement trois minutes.

Chaque tableau possède quatre sabliers : deux pour chaque circuit, car il peut se faire qu'à la fin d'une conversation le sablier en action n'ait pas fini de couler.

Le rappel de la téléphoniste par les circuits est produit par un ronfleur, que l'on voit dans le milieu du

couronnement du meuble, et qui est actionné par un relais local.

On aperçoit aussi sur cet appareil le microphone porté par un bras qui peut tourner autour d'un axe vertical, et le récepteur de contrôle.

L'appareil comprend deux annonciateurs pour les deux lignes interurbaines, un troisième servant d'annonciateur de fin sur le cordon double destiné à donner les communications de passage, et trois autres annonciateurs pour autant de lignes auxiliaires d'arrivée.

Les fiches et leurs cordons sont à double fil, de telle sorte qu'on évite ainsi les inconvénients signalés plus haut. Dans chaque groupe les fiches destinées à prendre contact avec les abonnés locaux sont au nombre de deux, comme dans le montage précédent.

Le transformateur, qui est toujours employé pour les connexions d'un circuit avec une ligne locale, est embroché sur le cordon double employé pour la communication.

Ce qui précède explique les deux groupes de trois fiches de la figure, suivis de la paire destinée aux communications interurbaines de transit, et le groupe de gauche de trois fiches qui n'est autre qu'un ensemble de fiches de secours.

Ce meuble représente un progrès sensible sur ceux de Berlin, dont nous avons parlé plus haut; mais il convient de remarquer qu'il n'est qu'une copie imparfaite des tableaux interurbains de Stuttgard combinés par la *Western electric C°*, qui elle-même s'est inspirée dans cette circonstance des tableaux interurbains de Paris.

Il existe de ces tableaux à Dresde, à Cologne et à Hambourg.



Transformateurs. — Les transformateurs employés pour les communications interurbaines, sont de vulgaires bobines d'induction à deux circuits égaux.

Ils sont formés de deux bobines accolées et reliées par deux culasses en fer doux. Leurs noyaux sont des faisceaux de fils de fer.

Chaque bobine comprend deux fils faisant chacun 2.070 tours, et ayant une résistance de 75 ohms environ, soit 4.140 tours et 150 ohms pour chaque circuit du transformateur si l'on suppose les fils des deux bobines groupés, par paire, en série.

Il convient de signaler une particularité de ces enroulements : c'est que, sur chaque bobine, les deux fils, appartenant à deux circuits différents, sont enroulés simultanément et côte à côte sur le noyau, au lieu d'être superposés par circuit comme dans les bobines ordinaires.

Je ne sais si cette particularité est bien originale; dans tous les cas, elle est assez malheureuse, comme on aurait pu le prévoir, car la capacité mutuelle des deux fils enroulés côte à côte, devient telle, pour un si grand nombre de tours, qu'elle est de l'ordre du coefficient d'induction, au point de vue des effets de transmission. Il s'ensuit que les deux lignes reliées par le transformateur en question sont reliées non seulement par une bobine d'induction, mais encore par un véritable condensateur qui contrarie les effets d'induction et provoque des bruits de friture assez intenses lorsque l'une des deux lignes reliées est à simple fil.

L'inconvénient avait été maintes fois remarqué depuis le jour où ce translateur a été mis en service. Depuis peu de temps l'office allemand a mis en essai un nouveau transformateur à une seule bobine, contenant

deux enroulements superposés, et bien distincts l'un de l'autre. On paraît satisfait des premières expériences faites avec cet appareil qui rentre dans l'espèce et dans les dimensions des transformateurs en usage en France depuis longtemps.

J'ai dit plus haut que les communications sur les lignes interurbaines étaient toujours données par l'intermédiaire d'un transformateur; c'est ce qui se passe généralement, surtout à Berlin. Nous venons de voir, néanmoins, que les tableaux *Mix et Genest* permettent de donner des communications directes entre deux circuits; mais ils n'ont à cet effet qu'un seul cordon, ce qui n'est pas suffisant pour tous les cas.

Aussi, comme j'ai déjà eu l'occasion de l'annoncer, les communications en transit deviennent très difficiles avec l'emploi forcé de plusieurs transformateurs qui sont eux-mêmes d'une construction défectueuse; et c'est là une des raisons pour lesquelles Berlin ne donne aucune communication de circuit à circuit.

Dans d'autres localités, telles que Dresde et Hambourg, où les communications de transit sont admises, elles sont, lorsque les circonstances l'exigent, données au commutateur d'entrée de poste ou rosace, par un des surveillants, qui suit la conversation au moyen d'un téléphone placé en dérivation sur la ligne. La dérivation du téléphone comprend, en outre, une très forte résistance afin de gêner le moins possible la communication. Ce mode d'exploitation est évidemment des plus rudimentaires.

Télégraphie et téléphonie simultanées. — L'Administration allemande n'emploie aucun système de télégraphie et téléphonie simultanées. Les lignes télépho-

niques sont exclusivement affectées au téléphone ; nous avons même vu que les circuits interurbains étaient posés sur appuis spéciaux, et que ces lignes étaient complètement distinctes des lignes télégraphiques.

En un mot, le principe de la spécialisation est appliqué en Allemagne autant au matériel qu'au personnel.

A mon avis, il n'est pas de meilleure méthode ; et, pour l'objet particulier qui nous occupe, j'estime qu'il n'est pas de procédé de télégraphie et de téléphonie simultanées qui permette, quelque parfait soit-il, d'éviter les inconvénients de la superposition sur les mêmes fils de deux services aussi dissemblables au point de vue de l'exploitation. J'entends par là que ces inconvénients pourront ne pas être déterminés par le système simultané s'il est convenablement combiné, mais qu'ils se manifesteront toujours, quelque soit ce système, par le fait de la juxtaposition de deux services si différents comme habitudes, manœuvres, mode d'exploitation, rapports avec le public, rapidité d'exécution, et enfin comme responsabilité.

Mais ces inconvénients ne seraient plus les mêmes si, au lieu des employés du télégraphe, on superposait sur le circuit téléphonique d'*autres téléphonistes ou un nouveau service téléphonique*. Telle serait la superposition d'un appareil du genre téléphonique *Morse*, d'une sonnerie, d'un rappel, etc..., affecté au service *téléphonique* lui-même, manœuvré par des agents et pour les besoins de ce service ; ou mieux encore la superposition d'un second téléphone par un procédé qui reviendrait à créer une troisième ligne téléphonique entre deux villes par lesquelles passeraient déjà deux circuits de l'espèce.

Tel est le système Siemens dont on a fait l'application à deux circuits téléphoniques reliant Hambourg à Berlin.

Deux circuits passant par les mêmes villes desservent à la façon ordinaire deux postes téléphoniques A et B (*fig.* 17).

En *m*, *n*, sur le premier circuit, sont greffées deux

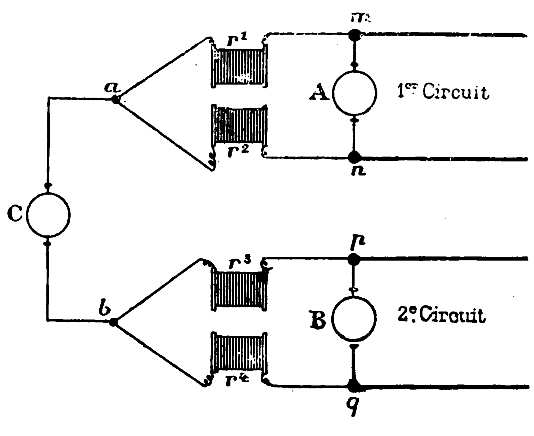


Fig. 17.

résistances égales r_1 et r_2, reliées ensemble en *a*. De même, deux résistances égales r_3 et r_4 sont greffées en *p* et *q* sur le second circuit et reliées en *b*. C'est entre les deux points *a* et *b* que l'on place le troisième poste téléphonique.

Les résistances r_1 et r_2, r_3 et r_4 sont prises dans des boîtes de résistance : elles sont dépourvues de self-induction et constituent respectivement par rapport à A et à B les deux branches de proportion égales d'un pont de *Wheatstone*.

Il est facile de se rendre compte du fonctionnement du système. Mais il importe de remarquer que r_1, r_2,

r_3 et r_4 étant de pures résistances, devront être de valeurs très élevées afin que les courants émis par A et B n'éprouvent pas de diminution sensible du fait des deux dérivations, au départ et à l'arrivée.

Par contre, ces résistances élevées nuiront à l'intensité des courants téléphoniques émis par C et par C'.

Nous n'avons pas pu juger de l'efficacité de ce dispositif; car, bien qu'installé à Hambourg, il ne fonctionnait pas lors de notre visite dans ce poste à cause d'un dérangement qui affectait l'un des deux circuits.

En résumé, voici les points principaux à retenir de cette étude technique de l'installation des postes téléphoniques allemands.

Tout d'abord, en ce qui concerne les postes d'abonnés, il faut signaler la position du bouton d'appel ou du générateur d'électricité à l'entrée de la ligne avant l'appareil lui-même. Ce mode de montage, qui peut paraître au premier abord d'importance secondaire, entraîne, au contraire, une simplification notable dans l'exploitation en facilitant les manœuvres des abonnés.

Pour les postes centraux, l'expérience a démontré la supériorité des dicordes sur les appareils monocordes, pour les petits bureaux comme pour les grands.

La mode d'épreuve, ou de test, employée en Allemagne laisse à désirer parce que le circuit d'épreuve prend contact avec les lignes extérieures.

Mais en plus de cette épreuve des lignes, on emploie, en Allemagne, le contrôle de fin de conversation qui n'a pas son analogue en France, où elle est remplacée par la surveillance directe des conversations. Ce

contrôle ne paraît pas nécessaire, il entraîne, d'ailleurs, une perte de temps appréciable.

Les dicordes de la maison *Stock* et de la Société *Mix et Genest*, les plus généralement employés en Allemagne et construits sur les indications de l'Administration impériale, sont d'un montage un peu compliqué ; leur manœuvre est plus lente que celle de nos multiples, comme je l'ai exposé en détail dans les descriptions de ces appareils. Aussi chaque section ne comprend-elle que 200 abonnés, de telle sorte qu'une téléphoniste n'en dessert que 66 ou 67, alors que cette moyenne en France dépasse 80 et même 100 numéros avec les nouveaux multiples.

L'Allemagne compte un bien plus grand nombre de multiples que le service français, parce que les abonnés y sont plus nombreux qu'en France par suite de la réduction et surtout de la simplification et de l'uniformité des tarifs tant urbains qu'interurbains.

L'aménagement des bureaux est des plus satisfaisants.

En face du grand nombre d'appareils multiples installés en Allemagne, on demeure étonné de la lenteur des progrès accomplis dans le système de montage de ces appareils ; la supériorité des dicordes sur les monocordes n'a été reconnue qu'après de nombreuses expériences à Berlin, Hambourg et ailleurs; quant aux dicordes existants, on retrouve reproduits dans les exemplaires successifs de ces commutateurs, à peu près tous les défauts que nous avons signalés dans notre étude: ces dicordes sont à simple fil, à jacks en série, avec annonciateurs de fin embrochés; ils comportent le même test imparfait; le montage des fiches et cordons n'est pas symétrique dans chaque

paire, etc... ; enfin, depuis l'adoption des dicordes aucun pas en avant n'a plus été fait (sauf à *Stuttgard* avec le multiple de la *Western Electrique C°* dont nous avons parlé).

En France, au contraire, nous avons abordé franchement le montage au double fil, avec jacks en dérivation, et relèvement automatique des annonciateurs, sans aucun des défauts relevés dans les dicordes précédents.

On sera moins étonné de cette infériorité des systèmes allemands si l'on se rappelle que le personnel des ingénieurs, attaché à l'Administration centrale est fort peu en contact avec l'exploitation, et n'a sur elle aucune action dirigeante. Ce n'est qu'à la longue qu'il parvient à dégager, pour les corriger, les imperfections signalées par les fonctionnaires locaux qui n'ont pas la compétence des premiers.

Cet exemple, à défaut d'autre considération, suffirait à nous indiquer la voie à suivre pour réaliser la meilleure organisation. Elle consiste à étendre de plus en plus l'action dirigeante des ingénieurs qui, par leur compétence technique, n'excluant pas les autres connaissances, et par leur instruction générale, sont les plus aptes à faire marcher et à développer le service.

Les installations interurbaines ne présentent rien qui mérite de fixer avantageusement notre attention. Les complications y sont accumulées ; et lorsque ces complications rendent le service impossible on y pare par quelque expédient rudimentaire : tel est l'exemple que nous avons cité de communications de transit données à la rosace d'entrée des fils.

Et cependant, malgré cette infériorité évidente des

appareils et des installations techniques, le service téléphonique a pris en Allemagne un développement considérable. Nous en avons donné les raisons dans la partie de cette étude relative à l'exploitation. Je me bornerai à rappeler, parmi ces motifs, l'abaissement et la simplicité des taxes, et l'effacement des services de la perception (*des Receveurs*) et de la *Comptabilité* qui demeurent subordonnés aux autres branches de l'Administration.

M. Cailho.

TÉLESCRIPTEUR HOFFMANN

Le télescripteur Hoffmann est un télégraphe imprimeur à échappement; son principe est donc le même que celui des appareils réalisés dans le même but, il y a une quarantaine d'années par Dujardin, Siemens, d'Arlincourt, Chambrier, etc.; toutefois une disposition mécanique plus simple, un distributeur régularisant la durée des émissions et une combinaison permettant la mise en marche et le rappel de la concordance entre le poste qui envoie et celui qui reçoit, sans le concours du correspondant, constituent autant de perfectionnements qui en augmentent le rendement et en facilitent l'emploi.

Les organes transmetteurs et récepteurs ont entre eux des relations multiples; ils sont réunis sur un même socle: l'appareil a $0^m,30$ de largeur, $0^m,40$ de profondeur et $0^m,30$ de hauteur; il est donc peu encombrant; son poids est de 20 kilogrammes.

PRINCIPE.

Un mouvement d'horlogerie tend à entraîner un axe horizontal que nous désignerons sous le nom d'axe principal, portant (*fig.* 1) :

1° Une roue du type *i;*

2° Une roue d'échappement *q;*

3° Une roue dentée *t* agissant sur un ressort interrupteur;

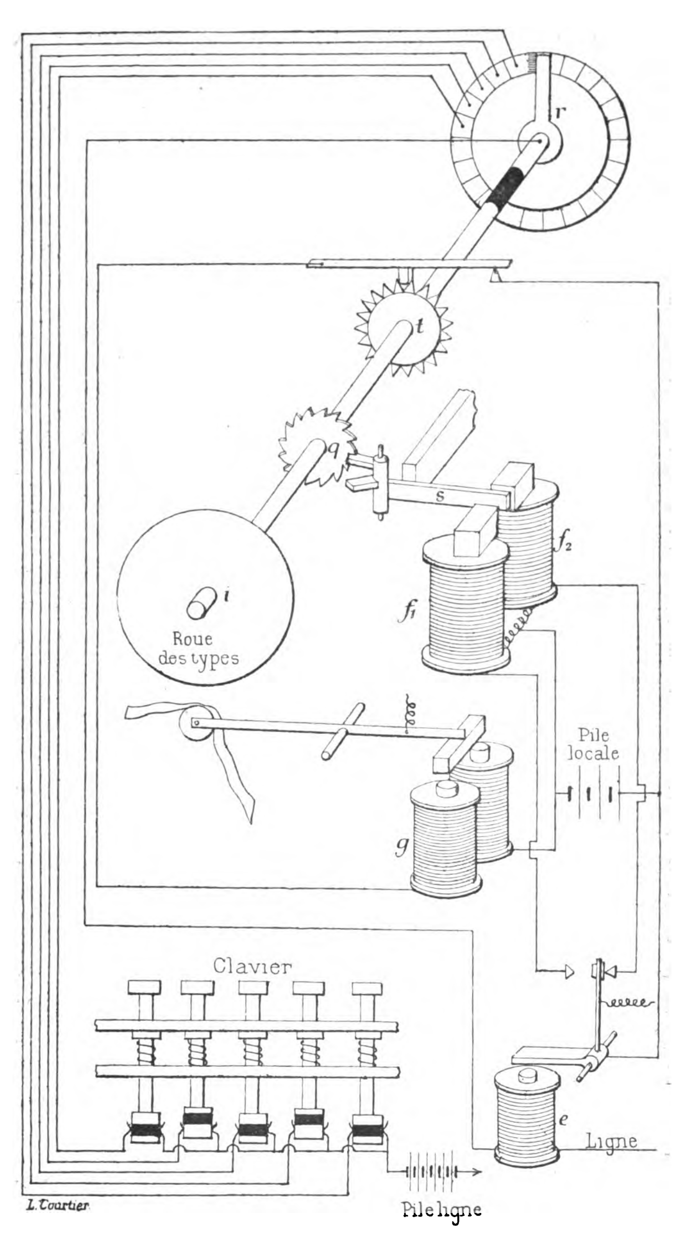

r
t
q
s
f_2
f_1
i
Roue des types
Pile locale
g
Clavier
e
Ligne
L. Courtier
Pile ligne

Fig. 1.

4° Un bras porte balai *r* mobile sur un distributeur circulaire à vingt-huit contacts égaux.

La fourchette d'échappement *y* arrête la rotation du système, et l'axe ne peut tourner qu'à la condition que cette pièce reçoive une série d'oscillations laissant passer les dents une à une.

Ce dégagement est commandé par l'armature polarisée d'un électro à deux bobines indépendantes f_1, f_2. Lorsqu'un courant de sens convenable parcourt la première, l'armature est repoussée sur le butoir opposé où elle demeure; il faut, pour qu'elle revienne à la position primitive, que la bobine f_2 soit à son tour actionnée par un courant et que le circuit de la première soit rompu. Dans l'une ou l'autre excursion de l'armature l'échappement se produit.

Les bobines f_1 et f_2 sont d'ailleurs respectivement en relation avec le butoir de travail et le butoir de repos d'un relai de ligne *e*, dont le massif communique avec une pile locale.

Le relai *e* n'est pas polarisé : un ressort rappelle son armature au repos lorsque la ligne est à l'état neutre. Si on produit sur la ligne une série d'émissions séparées par des intervalles bien distincts, le relai, tantôt sur repos, tantôt sur travail, dirige alternativement le courant local dans les bobines f_1 f_2, la fourchette d'échappement oscille dans l'un et l'autre cas et l'axe principal tourne; la rotation continue tant que dure la succession des émissions sur la ligne; elle s'arrête si le courant se prolonge ou s'il est totalement interrompu.

Les vingt-huit secteurs du distributeur sont reliés respectivement à vingt-huit ressorts frotteurs situés en regard des vingt-huit touches du clavier transmet-

teur. Toutes ces touches sont semblables : elles consistent en un petit piston maintenu soulevé par un ressort antagoniste qui s'abaisse sous la pression du doigt; mais les communications qu'elles établissent ne sont pas identiques. Au repos, les touches paires mettent en contact les frotteurs reliés au distributeur avec d'autres frotteurs raccordés à la pile de ligne; dans la position de travail, cette relation est supprimée; au contraire, les touches impaires maintiennent isolés les secteurs du distributeur dans la position du repos et leur donnent la pile lorsqu'elles sont abaissées par l'opérateur.

Le balai du distributeur est relié au relai *e* qui communique d'autre part au fil de ligne.

Ceci posé, voyons ce qui se passe lorsque toutes les touches du clavier sont au repos : à un instant donné, la fourchette d'échappement est en prise avec une dent de la roue et par conséquent l'axe principal est momentanément arrêté; le balai est alors un secteur de rang quelconque; s'il est sur un secteur pair, la touche conjuguée envoie un courant sur la ligne; le relai *e* fonctionne et dirige la pile locale sur la bobine f_1 qui repousse l'armature polarisée; la fourchette dégage une dent de la roue d'échappement, l'axe principal effectue une rotation de 1/28 de tour; mais alors le balai arrive sur un secteur impair, c'est-à-dire isolé puisque la touche conjuguée est au repos, le circuit de ligne est interrompu, l'armature du relai *e* est rappelée par le ressort antagoniste, le courant local est dirigé sur la bobine f_2 et la fourchette d'échappement dégage une seconde dent, d'où nouvelle rotation de l'axe, passage du balai sur un contact pair, émission sur la ligne, aiguillage du courant local

sur f_1 et fonctionnement de la fourchette, etc. L'ensemble du distributeur, du relai et de l'échappement reproduit automatiquement les interruptions et contacts successifs de la sonnerie à trembleur, avec cette différence qu'ici c'est la vitesse d'entraînement du balai sur le distributeur par le mécanisme d'horlogerie combiné à celle du mouvement des diverses armatures qui règle la durée des émissions et des interruptions au lieu d'être simplement celle des excursions d'une lame élastique entre deux arrêts.

L'axe principal continue à tourner tant qu'aucune modification n'est apportée au régime alternatif des contacts et des isolements de la pile. Mais si, appuyant sur le clavier, sur une touche paire, par exemple, on vient à rompre la communication avec la pile sur un secteur qui succède à un secteur déjà isolé, le relai demeure dans la situation antérieure, ainsi que l'électro d'échappement, tout mouvement sera suspendu tant que la touche ne sera pas libérée. Le même arrêt se produirait en agissant sur une touche de rang impair, mais alors la ligne serait parcourue par un courant continu et le relai demeurerait dans la position de travail. Pendant tout arrêt, la roue des types est immobile, l'impression d'un caractère va se produire.

A cet effet, entre en jeu un second électro-aimant à circuit g local dont l'armature porte un levier qui amène la bande de papier en contact avec le type convenable de la zone d'impression.

La masse de fer doux de l'électro et le moment d'inertie de son armature sont assez considérables et, par suite, le courant nécessaire à la production du déplacement doit avoir une durée un peu notable ; or le circuit de cet électro est fermé à chaque progression

de l'axe principal, c'est-à-dire au moment où les caractères défilent successivement devant le tambour d'impression, mais un dispositif spécial rend ce contact précaire tant que la rotation s'effectue ; il ne devient suffisant que lorsque l'axe est arrêté pendant un certain temps, c'est-à-dire lorsqu'on appuie sur une touche.

L'impression se produit donc dans le poste transmetteur; elle se produira aussi dans le poste correspondant à la condition que la ligne communique avec le relai et que la seconde borne de celui-ci soit mise à la terre. Le mouvement d'horlogerie étant remonté, la transmission sera correcte si les axes principaux des deux appareils en correspondance sont partis de positions initiales homologues et si aucun trouble n'est apporté dans la reproduction à l'arrivée des contacts et interruptions réglées par le poste manipulant. Pour apprécier les conditions de cette transmission, il convient d'examiner en détail les divers organes.

CLAVIER.

La disposition extérieure du clavier ressemble un peu à celle d'une machine à écrire; les touches au nombre de vingt-huit sont rangées sur quatre lignes parallèles, elles correspondent aux vingt-six lettres de l'alphabet, W compris, et à deux blancs, celui des lettres et celui des chiffres; ces deux blancs servent pour les intervalles et pour l'inversion. Les divers caractères se suivent dans l'ordre alphabétique; on peut les former successivement dans cet ordre, sans qu'il soit nécessaire de mettre entre eux, comme dans

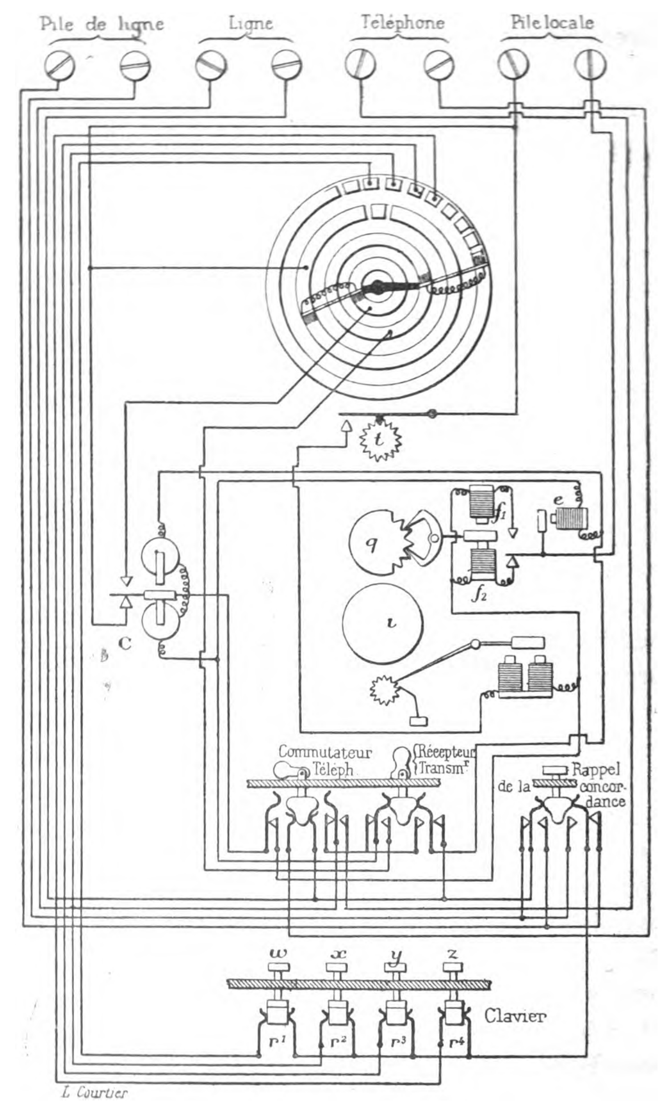

Pile de ligne
Ligne
Téléphone
Pile locale
t
e
f_1
q
f_2
ι
C
Commutateur
Téléph
Récepteur
Transm^r
Rappel
de la
concor-
dance
w
x
y
z
Clavier
r^1
r^2
r^3
r^4
L. Courtier

Fig. 2.

les appareils d'Arlincourt ou Hughes, un intervalle correspondant au rappel des organes à la position de repos; pour répéter un même caractère un tour entier de l'axe principal est nécessaire.

La figure indique le détail des touches; on voit que les contacts se prennent par la friction d'un ressort sur une broche portant deux bagues métalliques isolées. Ces pièces sont en laiton et ne sont pas platinées.

MOUVEMENT D'HORLOGERIE.

Le mouvement d'horlogerie est disposé entre deux platines verticales situées derrière le clavier. Il est actionné par un ressort analogue à celui de l'appareil Morse, mais beaucoup plus puissant; le remontage s'effectue au moyen d'un pignon et d'une roue dentée, car il serait difficile de le faire en agissant directement sur l'axe du barillet. Entre cet organe et l'axe principal se trouvent quatre mobiles intermédiaires destinés à donner à ce dernier la vitesse de rotation convenable.

La roue d'échappement taillée dans une plaque d'acier porte quatorze dents. La fourchette se compose de deux branches montées sur un manchon commun fixé à l'axe de l'armature d'échappement. Les extrémités de ces branches sont situées dans des plans verticaux faisant entre eux un très petit angle correspondant au jeu de cette armature; elles sont à une distance verticale égale à la moitié de l'intervalle qui sépare deux dents voisines.

Dans ces conditions, une même dent est arrêtée successivement par les deux branches de la fourchette, ce qui fournit bien les vingt-huit positions d'arrêt nécessaires à la roue des types.

DISTRIBUTEUR.

Le distributeur est placé derrière la platine postérieure. Il contient quatre couronnes montées sur un plateau d'ébonite et parcourues par autant de balais. La première couronne (*fig.* 2) est continue; elle est reliée au butoir de travail d'un relai *c*, en dérivation sur l'électro de ligne *e*, dont la fonction sera indiquée plus loin. La deuxième couronne, également continue, est raccordée en permanence à l'entrée des relais *c* et *e*.

La troisième est continue, sauf un secteur égal à $\frac{1}{28}$ de circonférence isolé du reste.

La quatrième comprend les vingt-huit contacts reliés au clavier.

Le premier balai communique métalliquement avec le troisième, le deuxième avec le quatrième.

Le porte-balai est en aluminium.

En fait, les deux couronnes centrales sont remplacées par deux petits manchons montés sur l'axe et les balais correspondants sont fixes.

RELAI DE LIGNE.

Cet appareil est un relai Baudot amputé d'une manière bizarre qui lui a fait perdre une bobine et l'aimant polarisant l'armature; sous cette forme, le seul avantage que présente ce relai consiste dans la faculté de retirer les butoirs pour les nettoyer sans modifier le réglage. Cet avantage n'est pas à dédaigner; car, en raison de la grande self-induction des électro locaux, les étincelles aux contacts sont volumineuses. L'auteur

se propose de les amoindrir par l'emploi d'une bobine de dérivation.

ÉLECTRO D'ÉCHAPPEMENT.

Cet organe est placé à l'intérieur de la boîte renfermant le mouvement. Chaque noyau est prolongé par un appendice polaire qu'une vis de réglage permet d'approcher plus ou moins de l'armature; celle-ci autour d'un axe vertical se déplace entre ces deux appendices, sans toutefois arriver jusqu'au contact, limitée qu'elle est dans ses excursions par deux vis butoirs. Un aimant en fer à cheval situé en face de son extrémité fixe la polarise. L'armature est d'ailleurs un peu massive et l'amplitude de son excursion assez grande pour que la force vive emmagasinée par son déplacement produise franchement l'échappement.

ÉLECTRO IMPRIMEUR.

L'électro imprimeur est pourvu d'un noyau volumineux, son armature est très lourde, tous les détails de sa construction tendent à lui donner une certaine lenteur de fonctionnement, en même temps qu'une grande puissance attractive, vu le courant dont on dispose. Le ressort antagoniste est susceptible de réglage. Les divers organes d'impression sont montés à l'extrémité d'un levier horizontal pivotant entre deux pointes de vis.

ROUE ET LEVIER D'INTERRUPTION.

Les bornes de l'électro imprimeur sont reliées aux deux pôles de la pile locale par l'intermédiaire d'un



dispositif tel que la communication n'est réellement établie d'une manière suffisante qu'au moment où l'axe principal est arrêté. Ce dispositif se compose d'un ressort lame fixé par une pièce isolante au bâti de l'appareil et portant à l'autre extrémité un contact platiné s'appuyant sur une vis butoir; il est pourvu en outre, vers son milieu, d'une petite came située en regard d'une roue à encoches calée sur l'axe principal. Ces encoches, au nombre de 28, correspondent aux divisions de la roue des types; lorsque l'axe tourne, il communique au ressort une série de soubresauts qui lui font abandonner sa vis-butoir; le réglage de cette vis est fait de telle sorte que lorsque l'axe est animé d'un mouvement de rotation continu, son contact avec le ressort soit trop court pour permettre à l'électro imprimeur de s'aimanter suffisamment; cette opération n'a lieu qu'au moment où, l'axe s'arrêtant, la came peut s'engager jusqu'au fond d'une encoche.

MÉCANISME D'IMPRESSION ET DE PROGRESSION.

Le dispositif d'impression est très simple : un tambour pourvu, comme la pièce analogue de l'appareil Hughes, de roues dentées et d'une pince de retenue maintient la bande de papier; ce manchon est monté à l'extrémité d'un levier solidaire de l'armature de l'électro imprimeur et pivotant autour d'un axe horizontal.

Une roue de rochet solidaire du tambour d'impression produit la progression du papier au moment où un caractère étant imprimé le levier revient au repos sous l'action du ressort antagoniste. Dans ce mouvement, le rochet est arrêté par un cliquet fixé à la pla-

tine et pour continuer son mouvement descendant, le cylindre est obligé de tourner en entraînant la bande ;

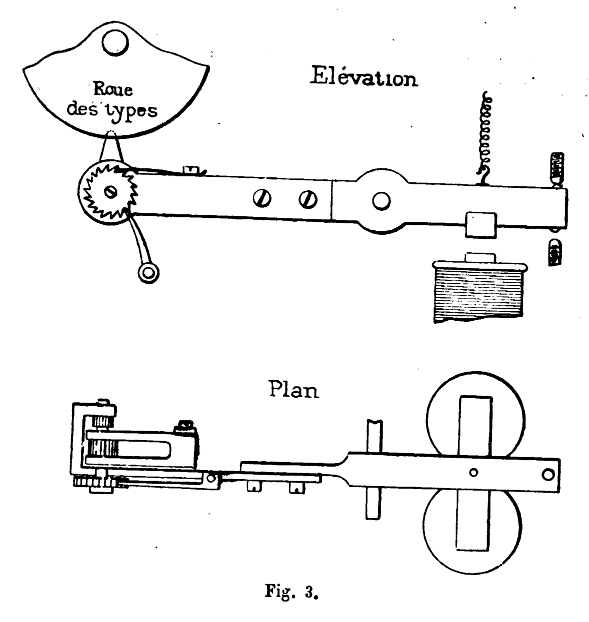


Fig. 3.

un cliquet de retenue s'oppose à tout mouvement rétrograde.

INVERSION.

Comme dans l'appareil Hughes, la roue des types porte une série des chiffres alternant avec la série de lettres et il suffit de la faire tourner de 1/56 autour de son axe, en avant ou en arrière, pour substituer une série à l'autre.

Un manchon calé sur l'axe porte deux lames légèrement flexibles, situées à peu près aux extrémités d'un même diamètre en regard de deux équerres prolon-

geant la roue des types suivant les azimuts correspondant au blanc des lettres et au blanc des chiffres. Chaque équerre porte une goupille pouvant s'engager dans un trou percé dans la lame, mais les deux goupilles ne peuvent être en prise simultanément; pour engager successivement l'une ou l'autre, il faut faire

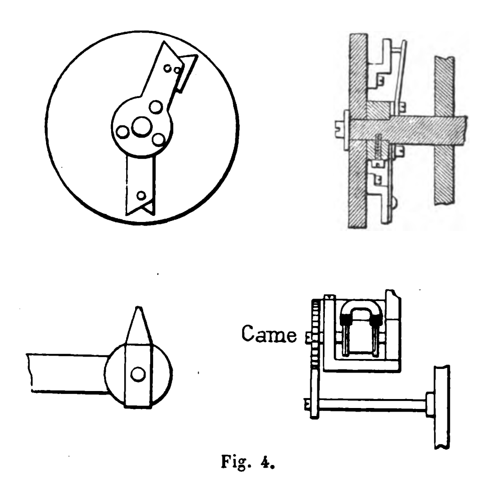


Fig. 4.

tourner la roue des types de la quantité correspondant à l'inversion. Cette opération consiste à attaquer l'extrémité convenable de la lame par une came, à la faire fléchir pour la dégager de la goupille et à pousser ensuite la roue des types pour la faire tourner; la came est une dent d'acier portée par le levier imprimeur et qui agit successivement sur l'extrémité de la lame et sur celle de l'équerre taillée en biseau, dans le sens qui convient à la rotation; le mouvement ascensionnel du levier suffit à effectuer le déplacement nécessaire.

COMMUTATEURS.

Un premier commutateur destiné à renvoyer la ligne sur un poste téléphonique ne fait pas partie intégrante du système et peut être omis. Un second sert à passer de la position de transmission sur celle de réception, enfin un troisième a pour but de mettre en concordance le poste récepteur avec le transmetteur au gré de l'opérateur desservant ce dernier.

Le second commutateur est une double clef téléphonique qui a pour effet :

1° Au poste transmetteur, de relier la ligne à la sortie des relais *c* et *e* et l'entrée de ces relais au balai de la quatrième couronne (clavier);

2° Au poste récepteur, de relier la ligne à l'entrée des relais *c* et *e* et la sortie de ces relais à la terre en isolant le clavier.

RAPPEL A LA CONCORDANCE.

Indépendamment du relai et des électro-locaux décrits plus haut, le système comporte, établi en dérivation sur le circuit *e*, un second relai *c* polarisé. En temps ordinaire son armature demeure sur le contact de repos, parce qu'on utilise exclusivement des courants positifs pour la transmission et que ces courants, qu'ils proviennent de la ligne ou du clavier, traversent les relais dans le sens convenable. Ce relai polarisé n'entre en jeu que lorsqu'on manœuvre la clef de rappel à la concordance qui a pour effet d'inverser le sens du courant de la pile de transmission.

Le relai *c* commande la pile locale; l'armature est

raliée à l'un de ses pôles par l'intermédiaire des électro d'échappement et d'impression, les butoirs sont reliés à l'autre pôle; mais, tandis que le butoir de repos établit cette connexion directement, le butoir de travail la donne par l'intermédiaire de la première et de la troisième couronne du distributeur; la communication subsiste donc tant que le frotteur parcourt la partie continue de cette dernière, mais est interrompue lorsqu'il passe sur le secteur isolé.

Pour effectuer le rappel, l'opérateur du poste transmetteur appuie sur le bouton poussoir qui commande le commutateur, mais sans toucher au clavier; les deux appareils se mettent en marche comme dans le cas ordinaire, puisque le relai *e* fonctionne avec les deux sens du courant, mais l'armature de *c* étant déplacée chacun des appareils s'arrêtera au moment où son circuit local sera interrompu. Si l'appareil récepteur est en avance, il s'arrêtera le premier et lorsque l'opérateur abandonnera le poussoir les deux appareils se mettront en marche d'accord; mais si le récepteur est en retard, l'appareil transmetteur étant arrêté le premier, l'accord n'existe pas; pour l'obtenir, il faudrait que le transmetteur effectuât deux tours sans s'arrêter. Un dispositif très simple permet d'arriver à ce résultat. Il consiste à rétablir la continuité de la troisième couronne, un tour sur deux, au moyen d'un commutateur automatique commandé par l'axe principal. Ce commutateur est formé d'un manchon à 6 segments solidaire d'une étoile à 12 branches; une came fixée à l'axe principal fait avancer une branche à chaque tour, mais les tours de rang pair seuls placent le commutateur dans la position d'isolement.

REMARQUES RELATIVES AU FONCTIONNEMENT DU TÉLESCRIPTEUR.

Durée et précision des émissions. — Le mouvement d'horlogerie a pour effet d'imprimer à l'axe principal une vitesse de rotation de 70 tours par minute; la durée des contacts et des intervalles d'isolement est donc d'environ $\frac{60}{70 \times 28} = \frac{1''}{33}$. Cette durée d'émission peut fournir à l'arrivée des courants correctement utilisables, si la transmission est effectuée avec des précautions suffisantes. Dans le télescripteur, le synchronisme n'est pas indispensable; mais d'autres conditions doivent être remplies. Il faut :

1° Que les courants à l'arrivée actionnent le relai franchement et pendant une durée suffisante pour que l'armature d'échappement puisse effectuer son travail;

2° Qu'une émission ne soit pas coupée par une perturbation quelconque, de manière à produire l'effet de deux contacts successifs;

3° Que l'intervalle de repos séparant deux émissions consécutives ne soit jamais supprimé par suite d'une décharge insuffisante de la ligne, une action extérieure ou un mauvais réglage de relai.

Les dispositions adoptées par l'inventeur laisseraient probablement à désirer sur des lignes un peu longues exposées aux influences des fils voisins. Non seulement la fixité du relai sur le contact de repos n'est pas assurée par l'envoi d'un courant spécial comme dans l'appareil Baudot, mais encore la ligne demeure isolée au poste de départ pendant le passage du balai

sur les secteurs impairs. Avec un long conducteur, l'armature du relai d'arrivée pourrait ne pas suivre celle du relai de départ dans tous ses déplacements et par suite l'appareil déraillerait.

L'emploi d'un courant de repos est rendu difficile par suite de l'utilisation du négatif pour le rappel à l'accord, mais rien n'empêcherait de mettre la ligne à la terre lorsqu'elle ne communique pas avec la pile.

L'essai, qui a été fait pendant quelques minutes sur une ligne aérienne de 470 kilomètres (2.890 ohms), a permis de constater le fonctionnement correct de cet appareil, mais n'indique pas sa valeur au point de vue de la sécurité du trafic; une expérience prolongée faite avec des agents manipulants exercés et portant sur une période de plusieurs jours pourrait seule fournir des renseignements complets à ce sujet.

Vitesse de transmission. — La vitesse de transmission dépend des conditions électriques du circuit et aussi de la construction mécanique des divers organes. L'appareil actuellement réalisé peut tourner à raison de 70 révolutions par minute; il ne semble pas qu'on puisse augmenter cette vitesse sans exposer les organes d'échappement à des détériorations rapides, en raison des chocs qu'ils reçoivent au moment où ils entrent en prise.

En second lieu, la fonction d'impression exige un certain temps et l'opérateur ne peut cesser d'appuyer sur une touche qu'au moment où le choc de l'impression locale lui apprend que tout est terminé; l'abandon prématuré d'une touche peut occasionner le manque d'impression ou la production d'une fausse lettre, voire

même le déraillement d'un des appareils; une bonne manipulation comportera donc un délai de sécurité, mais ce délai devra être réduit au minimum pour obtenir un bon rendement.

L'habileté de l'opérateur est un facteur important du rendement, non seulement pour la raison qui précède, mais encore pour éviter toute perte de tour. En fait, un manipulant très exercé ne peut pas transmettre plus de 90 ou 95 signaux (lettres, chiffres ou blancs) par minute.

Application au trafic télégraphique. — Le télescripteur ne convient donc pas aux lignes télégraphiques chargées. Pour les fils dont le trafic est compris dans les limites de son rendement, il ne semble pas comporter sur l'appareil Morse ou le parleur assez d'avantages pour contre-balancer les inconvénients qu'il présente.

Son rendement n'est guère plus élevé; le prix d'achat est plus considérable, la manipulation aussi difficile, il exige un plus grand nombre d'éléments de piles et surtout un entretien beaucoup plus soigné.

On ne peut songer, dans une exploitation sérieuse, à transmettre des télégrammes pendant l'absence du correspondant; on sait que ce procédé présente l'inconvénient d'égarer beaucoup de dépêches et de n'offrir aucune garantie d'exactitude. Le seul avantage réel du télescripteur réside donc dans l'impression qui est beaucoup plus lisible que l'écriture de certains agents.

L'éventualité de certains réglages et du nettoyage des contacts, l'obligation d'employer des courants positifs et négatifs et enfin le prix très élevé ne permettraient pas d'utiliser ce système sur les lignes

municipales qui desservent généralement deux bureaux appelés chacun avec un sens du courant.

Application aux réseaux téléphoniques. — D'après M. Hoffmann, le télescripteur pourrait être installé chez les abonnés au téléphone, de telle sorte qu'on passe facultativement de l'un à l'autre ; le télescripteur pouvant être laissé dans la position de réception, l'abonné absent trouverait à son retour toutes les correspondances qui auraient été transmises et y donnerait la suite qu'il jugerait convenable ; cet appareil permettrait, de plus, de confirmer par une bande quelques nombres relatifs à une affaire traitée par téléphone.

Il est possible qu'une pareille organisation soit susceptible de satisfaire un certain nombre de besoins spéciaux, mais il est probable que les abonnés actuels du téléphone, au moins en grande majorité, ne sont pas disposés à faire l'acquisition d'un matériel supplémentaire aussi coûteux (700 ou 800 francs par appareil), à payer une redevance supplémentaire, à risquer d'immobiliser leur communication téléphonique en y greffant un appareil à transmission lente.

Les maisons en nombre restreint qui auraient besoin du télescripteur, concurremment avec le téléphone, ne se priveraient donc vraisemblablement pas temporairement de celui-ci, dont elles doivent faire un grand usage et préféreraient sans doute supporter les frais d'une communication tout à fait indépendante. La question semble donc ne pas se poser dans la pratique, d'une part à cause du peu de service à tirer du télescripteur pour la plupart des abonnés, et d'autre part en raison de l'énorme emploi que feraient toujours du

téléphone les maisons qui pourraient avoir besoin du télescripteur.

La solution présenterait d'ailleurs des difficultés auxquelles l'auteur ne semble pas avoir songé; il n'a envisagé que ce qui se passerait aux postes d'abonnés mis en communication téléphonique, mais il a négligé d'examiner ce qui se passerait dans les appareils des bureaux centraux lorsque le télescripteur fonctionnerait. Il ne prévoit à ces bureaux que des manœuvres téléphoniques et ne songe pas que des télescripteurs seraient presque indispensables à un moment donné pour rappeler des abonnés ou assurer des communications; or, ces bruyants appareils sont presque incompatibles avec le calme nécessaire aux bureaux centraux téléphoniques.

La solution de ces diverses questions n'est évidemment pas impossible à trouver : on pourrait, par exemple, utiliser les deux fils du circuit en parallèle en faisant usage de terre pour le télescripteur ou employer tout autre système n'influençant pas les annonciateurs téléphoniques; mais ces modifications semblent de nature à compliquer le service téléphonique et par suite à gêner son fonctionnement. Or, il ne faut pas perdre de vue qu'en téléphonie tous les efforts d'une bonne organisation doivent tendre à obtenir un matériel à l'abri de toute défectuosité de fonctionnement et à établir les jonctions avec une extrême rapidité.

Ces réserves au sujet de l'utilisation du télescripteur pour l'exploitation des lignes télégraphiques et de son adaptation aux réseaux téléphoniques étant formulées, il est juste de reconnaître que cet appareil est ingénieusement combiné, qu'il est plus simple et plus robuste que les télégraphes imprimeurs à échappement

qui l'ont précédé et que sa manipulation est à la portée de tout le monde. L'outillage que possède l'administration française des télégraphes ne semble pas présenter de lacune qu'il puisse combler, mais cet appareil peut rendre des services dans certaines exploitations et pour certains usages privés qui s'accommoderaient mal de l'appareil Morse ou du téléphone et, à ce titre, sa description semble avoir sa place dans ce recueil.

J. VOISENAT.

NOTE

RELATIVE AUX

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES DES CABLES SOUTERRAINS

A GRANDE DISTANCE]

ISOLÉS AU PAPIER ET A L'AIR SEC

Les conclusions présentées dans cette note ont été déduites d'essais réalisés aux mois de novembre et décembre 1896 sur un câble souterrain reliant Marseille et Toulon.

Ce câble est constitué par six paires de conducteurs, formés chacun d'un seul brin de cuivre de 2 millimètres de diamètre.

Les conducteurs sont isolés au moyen de bandes de papier qui les recouvrent individuellement et forment deux épaisseurs.

Les deux conducteurs d'une même paire sont enroulés suivant une hélice dont le pas est inférieur à 1 mètre et sont, sur toute leur longueur, garnis de filins présentant l'une des nuances suivantes : blanc, bleu, jaune, noir, rouge, vert. Chacun de ces conducteurs sera, pour abréger, désigné par la lettre initiale de la couleur correspondante. Cette lettre sera affectée de l'indice 1 ou de l'indice 2 suivant qu'il s'agira de l'un ou de l'autre des deux conducteurs de la même

paire. Pour distinguer les fils blancs et bleus, dont les couleurs respectives ont même initiale, la lettre B sera réservée aux fils bleus et les fils blancs seront désignés par la lettre A.

Le câblage des différentes paires est fait dans un ordre déterminé et invariable.

L'âme ainsi constituée est enfermée dans une enveloppe de plomb de $3^{mm},5$ d'épaisseur.

I. Mesure des constantes électriques.

a) *Résistance.* — Les fils du câble ont été bouclés successivement deux à deux de manière à former douze combinaisons.

Les essais effectués par la méthode du pont de Wheatstone ont fourni les résultats suivants :

Résistance moyenne des fils 1. . . .	$337^{\omega},6$
Id. id. 2. . . .	339 ,2

La longueur du câble étant de 64.400 mètres, les résistances kilométriques moyennes ont pour valeurs :

Fils 1.	$5^{\omega},24$
Id. 2.	5 ,26

La petite différence qui existe entre ces deux valeurs provient de ce fait que les conducteurs 2 sont homogènes et constitués par du fil de cuivre non étamé, tandis que le développement des conducteurs 1 comprend : 42 p. 100 de fil de cuivre non étamé et 58 p. 100 de fil de cuivre étamé.

Par suite, les résistances kilométriques respectives

du fil de cuivre non étamé et du fil de cuivre étamé ont pour valeurs

$$5^{\omega},26 \quad \text{et} \quad 5^{\omega},22.$$

b) *Capacité d'un fil par rapport aux onze autres mis à la terre.* — Ces capacités ont été mesurées par comparaison avec celle d'un condensateur Elliot de 1^{φ}.

Ces essais ont montré que la capacité kilométrique moyenne d'un fil par rapport aux onze autres mis à la terre a pour valeur :

$$0^{\varphi},061.$$

c) *Capacité d'un fil par rapport à un autre fil (sans terre).* — Ces essais effectués dans les mêmes conditions que les précédents ont montré que la capacité kilométrique moyenne d'un fil par rapport à l'autre fil de la même paire a pour valeur :

$$0^{\varphi},038.$$

Il importe, pour fixer le sens des résultats expérimentaux relatifs à la capacité, de faire connaître, d'une manière précise, la situation des fils voisins du fil soumis aux essais.

L'expérience a montré que la capacité relative de deux fils de la même paire est la même, que les dix autres fils soient mis à la terre ou qu'ils soient isolés.

Il serait plus exact de dire que les appareils de mesure employés n'ont pas permis de saisir une différence entre ces deux capacités.

Mais il n'en est pas de même pour la capacité relative de deux fils de paires différentes. Ainsi, on a trouvé :

J_2 et N_1 { $2^{\varphi},1$ les dix autres fils étant isolés,
2 ,2 id. id. à la terre;

J_2 et V_1 { 1?,9 les dix autres fils étant isolés,
2 ,0 id. id. à la terre.

Ces mesures n'ont pas été effectuées pour tous les groupes de deux fils de paires différentes qu'il est possible de constituer. Ces groupes sont, en effet, au nombre de soixante.

Le câblage est, en exécution des clauses du cahier des charges, fait de telle manière que les paires adjacentes le sont dans toute l'étendue de la ligne.

Mais, quant à la situation des fils par rapport à l'enveloppe de plomb et les uns par rapport aux autres dans la section droite du câble, elle est évidemment variable d'un point à un autre. D'ailleurs, les essais de capacité en témoignent. Par exemple, la capacité relative des fils J_1 et N_1 n'est pas la même que celle des fils B_1 et J_1; bien que les paires J et N, comme les paires B et J, soient adjacentes. Quoi qu'il en soit, les deux groupes considérés ci-dessus (J_2 N_1 et J_2 V_1) sont constitués par des fils appartenant respectivement à des paires voisines (J et N) et à des paires présentant le maximum d'éloignement (J et V), toutes les autres combinaisons réalisées ont conduit à des résultats compris entre les nombres donnés plus haut.

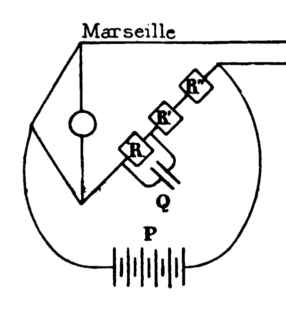
d) *Self-induction d'une boucle.* — La self-induction apparente des boucles que l'on peut former avec deux fils appartenant soit à la même paire, soit à des paires différentes, est négative.

En d'autres termes, les effets de capacité l'emportent sur les effets de self-induction.

Les essais dont il s'agit ont été effectués à l'aide du pont de Wheatstone par la méthode de Maxwell. Le croquis ci-contre figure le montage. P désigne une pile

de grande force électro-motrice, Q un condensateur de 5^{q}, R, R' et R'' des rhéostats variables.

Le service de Marseille ne disposant pas de conden-



sateurs gradués en fractions suffisamment petites, il a été nécessaire de faire varier la résistance R et par suite de rétablir, avant chaque lecture, l'équilibre du pont. On réalisait cet équilibre, grossièrement d'abord à l'aide d'un rhéostat R', rigoureusement ensuite à l'aide d'un rhéostat R'' ingénieusement combiné par M. Onde, commis au Poste central de Marseille, et permettant, à l'aide d'une manœuvre très simple d'accroître ou de diminuer la résistance de la branche du pont d'une fraction d'ohm variable à volonté.

On a trouvé pour valeurs absolues des self-inductions exprimées en quadrants : Boucle $J_1 J_2$: $0^{q},338$ (que les dix autres fils soient isolés ou qu'ils soient mis à la terre).

Les boucles constituées avec les deux fils d'autres paires ont donné des résultats très voisins du précédent. Les différences sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience.

On a trouvé d'autre part :

Boucle $J_2 N_1$	$0^{q},255$	les dix autres fils étant isolés,		
	0 ,268	id.	id.	à la terre;
Boucle $J_2 V_1$	$0^{q},202$	les dix autres fils étant isolés,		
	0 ,217	id.	id.	à la terre.

Désignons par H la valeur absolue de la self-induction exprimée en quadrants, par L le coefficient de self-induction également exprimé en quadrants, par R la résistance de la boucle exprimée en ohms, par C la capacité relative du fil d'aller et du fil de retour exprimée en farads. On a :

$$L = \frac{1}{3} C R^2 - H.$$

L'application de cette formule donne pour la valeur du coefficient de self-induction d'une boucle constituée par les deux fils d'une même paire $(J_1 J_2)$

$$L = 0^q,0,42.$$

On a vu plus haut que les capacités des condensateurs formés par les deux fils d'une même paire étaient les mêmes (étant donnée la sensibilité des appareils de mesure employés) lorsque les dix autres fils étaient ou isolés ou mis à la terre. On a vu, d'autre part, que les capacités des condensateurs formés par deux fils de paires différentes n'étaient pas les mêmes, suivant que les dix autres fils étaient ou isolés ou mis à la terre.

La même particularité se présente pour les self-inductions apparentes. Il devait évidemment en être ainsi, puisque la self-induction apparente est une fonction de la capacité. Mais le coefficient de self-induction est un coefficient purement géométrique sur la valeur duquel ne sauraient influer ni la position, ni l'électrisation des conducteurs voisins.

Il faut donc que les valeurs des coefficients de self-induction des boucles constituées par des fils de paires différentes soient les mêmes, qu'on les déduise des mesures faites en isolant les dix autres conducteurs,

ou des mesures faites en mettant ces conducteurs à la terre.

Le calcul montre qu'il en est bien ainsi. Les résultats obtenus par les deux méthodes ne diffèrent que de quelques millièmes de quadrant. Ces divergences sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

L'application de la formule précédemment rappelée donne :

$$\text{Boucle } J_2N_1 : L = 0^q,067 ;$$
$$\text{Id. } J_2V_1 : L = 0\ ,085.$$

e. ***Résistance d'isolement.*** — Il est stipulé dans le cahier des charges que la résistance d'isolement de chacun des conducteurs doit être mesurée par la méthode de la déviation de perte, avec une pile d'une force électromotrice de 100 volts au moins, tous les autres fils étant mis à la terre.

L'influence perturbatrice des tramways électriques de Marseille rend impossible l'application de cette méthode.

Le potentiel du sol de Marseille est, en effet, variable, comme le montrent les courbes de la planche I.

Ces courbes et celles qui les suivent ont été obtenues à l'aide d'un siphon recorder, sur le fonctionnement duquel il convient de donner quelques détails.

La largeur et le rayon de courbure de la plateforme, sur laquelle se meut l'extrémité du siphon, ont été augmentés de manière à permettre l'enregistrement de déviations d'une grande amplitude.

Un syphon fixe a été installé pour tracer l'axe des abcisses.

L'entraînement de la bande a été assuré à l'aide d'un dérouleur Wheatstone, dont le mouvement d'horlogerie a été convenablement modifié, en vue de per-

mettre de faire varier la vitesse dans de grandes limites et, en particulier, d'obtenir des vitesses très faibles.

Il importera de se rappeler, dans l'examen des courbes obtenues à l'aide du recorder, que la sensibilité $\frac{d\theta}{di}$ de ce galvanomètre à suspension bifilaire (suspension Carpentier) ne peut être considérée comme indépendante de l'angle de déviation θ. Elle est proportionnelle à $\cos^2\theta$, par suite, décroit rapidement quand θ augmente.

En particulier, dans les courbes de la planche I, les ordonnées curvilignes ne sont pas proportionnelles aux différences de potentiel. L'échelle en fait foi.

Ces ordonnées représentent l'excès du potentiel du sol de Marseille sur le potentiel du sol de Toulon. En d'autres termes, les points figuratifs situés au-dessus de l'axe des abcisses correspondent à des instants où le courant parcourait le fil d'essai de Marseille vers Toulon.

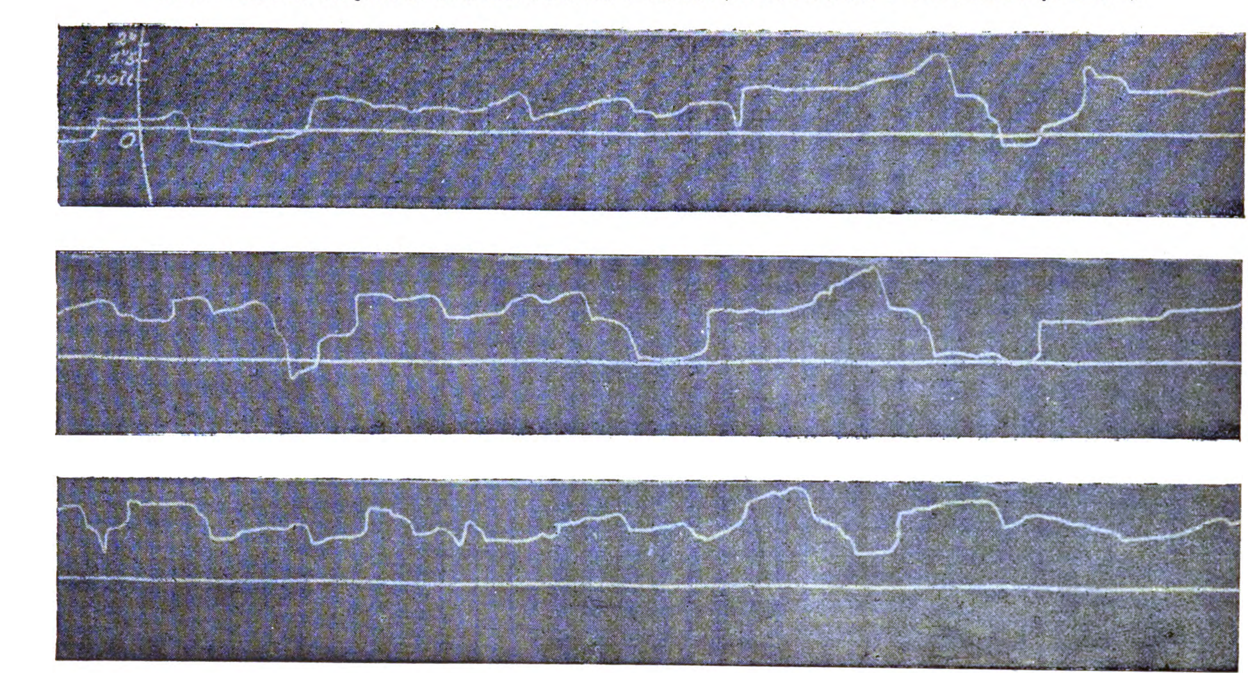
Les variations du potentiel ainsi mises en évidence, produisent des courants de charge et de décharge qui, en traversant un galvanomètre Thomson, donnent naissance à des élongations d'une amplitude bien supérieure à celle des déviations produites par le passage du courant de perte, car l'isolement du câble est actuellement très élevé.

Le même obstacle ne s'est pas présenté pour la mesure de l'isolement total de chacun des fils par rapport aux onze autres groupés en quantité.

Ces essais (28 décembre 1896) ont donné pour les divers conducteurs des résultats voisins les uns des autres et dont la moyenne était 110^{Ω}.

(Pile de 100^{v}; courant négatif; durée de l'électrisation : 1^{m}.)

Pl. I. — Différence des potentiels de la terre à Marseille et à Toulon (échelle des abscisses 150 millimètres par minute).



Ce qui donne pour valeur de l'isolement kilométrique moyen : 7.084 $^{\Omega}$.

D'ailleurs la mesure de la résistance d'isolement d'un conducteur par rapport aux onze autres et celle de la résistance d'isolement du même conducteur par rapport à la terre, effectuées l'une et l'autre par la méthode de la perte de charge, montrent que ces deux résistances sont du même ordre de grandeur.

II. Essais télégraphiques.

a) *Essais de transmission simultanée sur plusieurs lignes à double fil, constituées chacune par les deux fils d'une même paire et desservies au Hughes.* — Ces essais ont donné d'excellents résultats.

Les transmissions effectuées sur un circuit n'apportent aucun trouble dans le fonctionnement des communications voisines.

Avec un courant de 15 milliampères, la vitesse de rotation a été portée à 145 tours à la minute. La manœuvre de la crémaillère des régulateurs n'a pas permis de dépasser cette limite. La transmission est restée parfaite (*).

Les appareils fonctionnant de nouveau à la vitesse normale de 120 tours (uniformément adoptée dans toutes les expériences dont les résultats suivent), on a fait décroître simultanément à Marseille et à Toulon la force électromotrice des piles. Il a été possible d'as-

(*) Les expérimentateurs ont convenu de considérer le fonctionnement d'une communication au Hughes comme parfait, toutes les fois qu'il a été possible, en réglant convenablement les appareils, de recevoir une demi-série (5 dépêches) sans qu'aucune lettre soit ni dénaturée, ni absente

surer une bonne transmission avec des courants d'une intensité de 5 milliampères.

b) *Essais de transmission simultanée sur deux lignes à simple fil, constituées respectivement par chacun des fils d'une même paire et desservies au Hughes.* — Les effets d'induction exercés sur l'une des lignes par sa voisine peuvent être rendus inoffensifs en réglant convenablement la sensibilité des appareils qui desservent la première.

On peut faire varier la sensibilité d'un électro-aimant Hughes en modifiant soit la tension du ressort solidaire de l'armature, soit la position de la lame de fer doux appliquée sur les pôles de l'aimant permanent.

L'expérience montre que le deuxième mode de réglage est celui qui permet de faire varier la sensibilité dans les limites les plus étendues. C'est à son usage — à peu près exclusif — que l'on a eu recours dans les essais.

La sensibilité des électro-aimants ou, en d'autres termes, le minimum d'intensité de courant, nécessaire pour provoquer, à un instant donné, le déclenchement de l'armature, n'est pas seulement fonction de la tension du ressort antagoniste et de la position de la lame de fer doux. Cette sensibilité dépend encore, à un instant donné, de l'intensité des courants qui ont, peu auparavant, traversé les bobines, du nombre des émissions, de leur durée, des intervalles de repos qui les ont séparées, etc.

Il suit de là qu'il n'a pas été possible de donner aux résultats qui suivent toute la précision qu'ils eussent présentée, si l'on avait eu le moyen de faire connaître,

dans chaque cas particulier, le réglage à réaliser, pour assurer un bon fonctionnement.

En employant sur les deux lignes des courants de même intensité, comprise entre 5 et 15 milliampères, on a toujours pu régler la sensibilité des électro-aimants de manière à obtenir simultanément sur l'une et sur l'autre ligne une transmission parfaite.

Il convient toutefois de signaler que les effets d'induction sont assez intenses pour permettre, en sensibilisant exagérément l'un des électre-aimants, de recevoir intégralement dans l'appareil correspondant les transmissions effectuées sur la ligne voisine, sans qu'aucune lettre soit ni dénaturée, ni absente. Avec des courants d'une intensité inférieure à 5 milliampères le fonctionnement de la communication devient défectueux. Cette défectuosité ne doit, d'ailleurs, pas être imputée à l'influence perturbatrice de la ligne voisine, mais bien à la trop faible intensité des courants employés.

Il est clair qu'avec des courants d'une intensité supérieure à 15 milliampères le fonctionnement de la communication eût été très satisfaisant.

On peut, du reste, remarquer, — ce qui n'est pas sans intérêt au point de vue pratique, — que plus les courants employés sont intenses, plus le réglage des appareils est une opération facile.

En effet, pour obtenir une marche régulière, il faut régler les électro-aimants de manière que l'intensité du courant nécessaire pour provoquer le déclenchement de l'armature (minimum d'ailleurs variable avec le temps, ainsi qu'il est dit plus haut) soit comprise entre deux limites.

En supposant — ce qui est l'hypothèse la plus défa-

vorable — que les courants parasites soient de sens variable, la limite inférieure est l'intensité des courants parasites (courants telluriques, courants de dérivation, courants d'induction), la limite supérieure est l'intensité des courants de travail diminuée de celle des courants parasites.

Si l'intensité du plus faible courant, capable d'actionner l'électro-aimant, est inférieure à la limite inférieure, on constate des « déraillements ». Si elle est supérieure à la limite supérieure, on constate des « manques ».

Le réglage est évidemment d'autant plus aisé que l'écart entre ces deux limites est plus considérable.

Or, parmi les courants parasites, les courants d'induction jouent un rôle prépondérant. L'action qu'ils exercent sur l'électro-aimant peut être considérée comme proportionnelle à la quantité totale d'électricité induite et, par suite, comme équivalente à celle d'un courant permanent d'intensité $\frac{MI}{KR}$, en désignant par :

I l'intensité des courants de travail employés;
R la résistance totale de la ligne induite (fils de ligne, électro-aimant, pile);
M le coefficient d'induction mutuelle des deux lignes;
K un facteur ayant les dimensions d'un temps.

Les deux limites, dont il vient d'être question, sont donc :

$$\frac{MI}{RR} \quad \text{et} \quad I - \frac{MI}{KR}.$$

Leur différence est bien proportionnelle à I.

L'expérience vérifie d'ailleurs cette conclusion.

Une conséquence pratique se dégage de ce qui précède, c'est qu'il y a intérêt, pour assurer un bon fonc-

tionnement des appareils, même entre les mains d'agents peu exercés, à ne pas adopter pour les courants de travail une intensité trop faible.

Tout ce qui a été dit jusqu'ici s'applique exclusivement au cas où les courants employés ont sur tous les conducteurs du câble la même intensité.

Cette uniformité est nécessaire pour mettre toutes les lignes dans la même situation relative. Il ne serait pas rationnel d'assurer plus parfaitement le fonctionnement de l'une d'elles au détriment de celui de ses voisines.

Néanmoins, il y a lieu de prévoir le cas où, pour une raison quelconque, cet équilibre viendrait à être détruit et de se demander quelles seraient les conséquences de cette dissymétrie (*).

L'expérience a montré que si l'intensité des courants employés sur les deux fils d'une même paire sont : 15 milliampères pour l'un et 5 millampères pour l'autre, le fonctionnement de la seconde ligne est irrégulier. Si l'on porte de 5 à 10 milliampères l'intensité du courant sur cette dernière, la communication devient satisfaisante.

Avec 20 milliampères sur une ligne et 13 milliampères sur l'autre, on a également une bonne transmission.

En somme, l'inégalité des intensités des courants qui parcourent deux lignes ne devient nuisible au bon fonctionnement de celle qui emploie le courant de moindre intensité que dans le cas où cette intensité est inférieure aux 2/3 de l'autre.

Il est bien entendu que ceci ne s'applique qu'au cas

(*) Outre les causes accidentelles qui pouvent la provoquer, des motifs d'ordre technique rendent parfois inévitable cette inégalité des courants.

où la plus grande des deux intensités est comprise entre 15 et 20 milliampères ou peu éloignée de ces limites.

En abordant le problème dans toute sa généralité, on verrait aisément que, pour obtenir sur la ligne influencée une marge de réglage fixée à l'avance, il est nécessaire et suffisant que les intensités I et I′ des courants sur les deux lignes satisfassent à une relation linéaire, très simple d'ailleurs, mais qui n'est pas homogène par rapport aux variables I et I′.

c) *Essais de transmission simultanée sur plusieurs lignes à double fil, constituées chacune par les deux fils d'une même paire et desservies les unes au Hughes, les autres au Baudot.* — Ces essais ont donné d'excellents résultats. — Les transmissions effectuées sur l'un des circuits n'apportent aucun trouble dans le fonctionnement des autres.

d) *Essai de transmission simultanée sur deux lignes à simple fil, constituées respectivement par chacun des fils d'une même paire et desservies l'une au Hughes, l'autre au Baudot.* — Les transmissions au Baudot sont, grâce à l'usage du courant de repos, soustraites à l'action perturbatrice des courants parasites. Le problème s'est donc réduit à la recherche des conditions à remplir pour assurer le bon fonctionnement du Hughes malgré le voisinage du Baudot.

A cet effet, le Baudot travaillant avec un courant d'intensité donnée sur l'un des fils du câble, on a déterminé le minimum d'intensité du courant à employer sur l'autre fils de la même paire pour obtenir une bonne transmission au Hughes.

On est parvenu aux résultats suivants :

BAUDOT.	HUGHES.
30 milliampères	20 milliampères
20 id.	15 id.
10 id.	10 id.

L'intensité indiquée pour le Baudot est la valeur absolue commune de l'intensité des courants de travail et de celle des courants de repos.

En d'autres termes, dans le premier cas étudié, l'intensité du courant passe brusquement, à certains moments, de + 30 à — 30 milliampères.

La chûte d'intensité, à laquelle sont proportionnelles les quantités d'électricité induites sur les autres lignes, a donc pour valeur 60 milliampères.

L'intensité de 30 milliampères est celle du courant actuellement utilisé au Baudot sur le fil n° 395 (Marseille-Toulon). Cette intensité pourrait évidemment être fortement réduite, si l'on affectait à cette communication l'un des fils de la ligne souterraine. Ces conducteurs ont, en effet, un isolement bien supérieur à celui d'un conducteur aérien et, d'ailleurs, le relais Baudot est susceptible d'être actionné par des courants de très faible intensité. L'expérience a montré qu'en utilisant l'un des fils du câble, on peut, avec un courant d'une intensité de 10 milliampères assurer un fonctionnement très régulier.

e) *Remarques générales relatives aux essais télégraphiques.* — Les essais relatés aux paragraphes (*b*) et (*d*) se rapportent au cas où deux conducteurs du câble sont en service. Il est bien clair que l'étude de ce cas simple était la seule qui pût conduire à des résultats nets et précis. En abordant le cas général où les douze

fils sont utilisés simultanément, la sagacité des observateurs se serait heurtée à des difficultés considérables et n'aurait vraisemblablement pu déduire des observations aucune donnée positive. On doit cependant se demander quelles restrictions comportent les conclusions précédentes dans le cas où tous les conducteurs du câble sont mis en service simultanément. On a pu élucider cette question complexe en étudiant, par la méthode graphique, divers phénomènes d'induction.

Les courbes de la Planche II sont la représentation graphique des courants qui parcouraient les onze autres fils du câble, pendant que le poste de Marseille « faisait des blancs » au Hughes sur le fil A_1 (*).

L'examen de ces courbes permet de discerner dans l'effet résultant l'action élémentaire des deux causes principales qui entrent en jeu : les courants telluriques et les courants d'induction.

Les courants telluriques font décrire au siphon une certaine courbe dont l'ordonnée ne varie que lentement.

Les courants d'induction font osciller l'extrémité du siphon de part et d'autre de cette courbe et ces mouvements sont très précipités.

La courbe des courants telluriques est, en quelque sorte, l'axe de symétrie curviligne des ondulations produites par les courants d'induction.

On peut donc ainsi procéder à une analyse, qui n'aurait pu être poursuivie à l'aide d'un galvanomètre ordinaire.

Les courbes de la Pl. III sont la représentation gra-

(*) L'ordre suivant lequel les paires se succèdent, dans la section droite du câble, sur une circonférence concentrique à l'enveloppe, est l'ordre alphabétique des initiales de leurs couleurs distinctives.



Pl. II. — Transmission au Hughes par le fil A_1.

Effets d'induction sur les autres fils.

M_1

A_2

V_2

B_1

R_1

B_2

R_2

J_1

V_1

J_2

V_2

PL. III. — Transmission au Baudot par le fil A_1.

Effets d'induction sur les autres fils.

phique des courants qui parcouraient les onze autres fils du câble pendant que les postes de Marseille et de Toulon se transmettaient réciproquement des T au Baudot.

Les sinuosités de la courbe des courants telluriques sont moins accentuées que dans la Pl. II. Ceci résulte de la nécessité dans laquelle on s'est trouvé de brider la suspension de la bobine et d'accroître la vitesse d'entraînement de la bande pour obtenir des élongations d'une amplitude convenable et tracer des ondulations suffisamment déliées.

Il va sans dire que toutes les courbes *d'une même planche* ont été obtenues sans modifier la sensibilité de l'appareil, c'est-à-dire en laissant invariables la tension des fils de suspension de la bobine, la position de la plateforme et la vitesse d'entraînement de la bande.

L'étude des courbes des Pl. II et III, poursuivie sans perdre de vue la remarque fondamentale relative à la sensibilité du recorder a permis de déterminer des nombres proportionnels aux coefficients d'induction mutuelle des fils A_1 et A_2, A_1 et B_1, A_1 et B_2...

On a trouvé par ce moyen, que les effets d'induction exercés sur le fil A_1 :

1° Quand le fil A_2 est seul utilisé,

2° Quand les onze autres fils du câble sont utilisés,
sont entre eux dans le rapport de 1 à 7.

Cet accroissement d'intensité des courants parasites a évidemment pour effet de réduire la différence entre les deux limites qui doivent comprendre la sensibilité de l'électro-aimant.

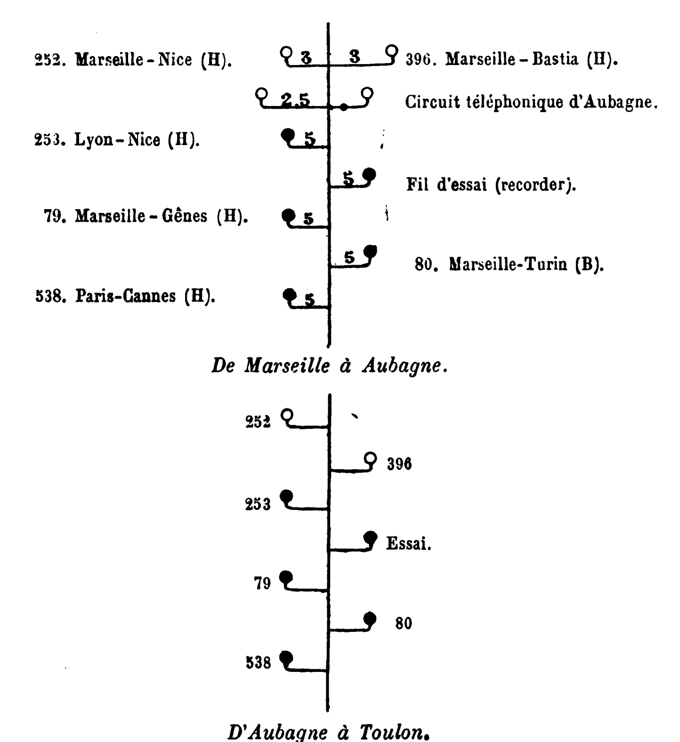
Il en résulte que le réglage de cet appareil deviendra plus difficile.

On a vu que l'on pouvait aplanir ces difficultés en employant des courants suffisamment intenses.

Il a semblé utile de comparer les effets d'induction exercés sur une ligne par les transmissions voisines dans le cas de la ligne souterraine et dans le cas d'une ligne aérienne de même développement.

A cet effet, on a enregistré à l'aide du siphon recorder les courants parasites, qui parcouraient, le 23 décembre 1896, à dix heures du matin, l'un des fils d'une ligne aérienne Marseille-Toulon (v. Pl. IV).

Les croquis ci-dessous font connaître l'armement



De Marseille à Aubagne.

D'Aubagne à Toulon.

Pl. IV. — Comparaison des effets d'induction sur la ligne aérienne et sur **la** ligne souterraine (ligne aérienne : **23** décembre, 10 heures matin).

Pl. V. — Comparaison des effets d'induction sur la ligne aérienne et sur la ligne souterraine (ligne souterraine : 23 décembre, 10 heures 15 matin).

A_2

V_2 (sh. aux $\frac{4}{5}$es)

N_1

des appuis, la nature et l'affectation des fils inducteurs. Les initiales B et H désignant respectivement les lignes desservies au Baudot et au Hughes.

A dix heures un quart, on substitua, entre Marseille et Toulon, à ces fils aériens des conducteurs de la ligne souterraine. Le fil n° 252 fût remplacé par le conducteur A_1 du câble ; le 396, par B_2 ; le 253, par J_1 ; le 79, par R_1 ; enfin, le 80, par V_1.

Les courants parasites qui parcouraient à cet instant les conducteurs $A_2 N_1$ et V_2, ont été enregistrés à l'aide du siphon recorder (v. Pl. V).

Le fil V_2, voisin du Baudot, était le plus influencé.

La courbe correspondante a été obtenue en shuntant le recorder aux quatre cinquièmes ($g = 920^{\omega}$; $s = 3.680^{\omega}$).

Les deux autres courbes de la Pl. V et les courbes de la Pl. IV ont été obtenues sans shunt.

Dans toutes ces expériences, la sensibilité du recorder a naturellement été laissée invariable.

Mais pour que les diagrammes, qui se rapportent respectivement à la ligne aérienne et à la ligne souterraine soient comparables entre eux et, par suite, susceptibles de renseigner sur l'importance relative des effets d'induction dans l'un et dans l'autre cas, il faut, non seulement que la sensibilité du recorder n'ait pas varié, mais encore que les intensités des courants inducteurs, d'une part, la résistance du fil induit, d'autre part, soient les mêmes dans les deux expériences. Il en est approximativement ainsi.

Les différences de résistance des fils aériens (fils de fer de 5 millimètres et fils de cuivre de 3 millimètres) et des fils souterrains ne sont pas très considérables.

Au surplus, elles sont absolument négligeables devant la résistance totale (fil de ligne, appareil, pile) des longues lignes dont il s'agit. L'intensité des courants inducteurs est donc sensiblement la même dans les deux expériences.

Quand à la résistance du circuit induit, elle varie très peu : elle est de 1.263$^{\omega}$ dans le premier essai et de 1.420$^{\omega}$ dans le second. Cette variation n'a pas d'influence appréciable sur les oscillations du siphon.

Les expériences, dont les résultats viennent d'être exposés, ont été complétées par des essais de mise en service, réalisés à plusieurs reprises, chaque fois couronnés de succès, et qui, par suite, semblent posséder une valeur démonstrative considérable.

Sans avertir les postes correspondants intéressés, on substitua des conducteurs du câble aux fils aériens.

La durée de chacun de ces essais fut de six heures environ (de dix heures du matin à quatre heures du soir).

Le fonctionnement des lignes, ayant une extrémité à Marseille ou à Toulon, put être observé attentivement : il ne fut constaté aucune difficulté dans les transmissions.

En ce qui concerne les autres lignes, aucune anomalie ne fut signalée au service des dérangements du poste central de Marseille.

L'affectation des conducteurs du câble fut la suivante :

des appuis, la nature et l'affectation
teurs. Les initiales B et H désignant
les lignes desservies au Baudot et au H

A dix heures un quart, on substitua,
et Toulon, à ces fils aériens des con
ligne souterraine. Le fil n° 252 fût re
conducteur A_1 du câble ; le 396, par I
J_1 ; le 79, par R_1 ; enfin, le 80, par V_1.

Les courants parasites qui parcouraie
les conducteurs A_2N_1 et V_2, ont été
l'aide du siphon recorder (v. Pl. V).

Le fil V_2, voisin du Baudot, était le

La courbe correspondante a été obt
tant le recorder aux quatre cinquième
$s = 3.680^{\omega}$).

Les deux autres courbes de la Pl. V
de la Pl. IV ont été obtenues sans shunt

Dans toutes ces expériences, la sensib
der a naturellement été laissée invariable.

Mais pour que les diagrammes, qui se rappor
respectivement à la ligne aérienne et à la ligne sout
raine soient comparables entre eux et, par suite, su
ceptibles de renseigner sur l'importance relative des
effets d'induction dans l'un et dans l'autre cas, il faut,
non seulement que la sensibilité du recorder n'ait pas
varié, mais encore que les intensités des courants
inducteurs, d'une part, la résistance du fil induit,
d'autre part, soient les mêmes dans les deux expériences. Il en est approximativement ainsi.

Les différences de résistance des fils aériens (fils de
fer de 5 millimètres et fils de cuivre de 3 millimètres)
et des fils souterrains ne sont pas très considérables.

Au surplus, elles sont abs... la résistance totale (fil de ligne ... longues lignes dont il s'agit. L... ...ducteurs est donc sensiblement ... deux expériences.

Quand à la résistance du ... très peu : elle est de 1.3..ω ... de 1.420ω dans le second. Cette ... d'influence appréciable sur les ...

Les expériences, dont les ... exposés, ont été complétées par ... service, réalisés à plusieurs reprises ... ronnés de succès, et qui par ... une valeur démonstrative ...

Sans avertir les postes ... on substitua des conducteurs ...

La durée de chacun de ... environ (de dix heures du matin à ... soir).

Le fonctionnement des ... à Marseille ou à Toulon ... ment : il ne fut consta... transmissions.

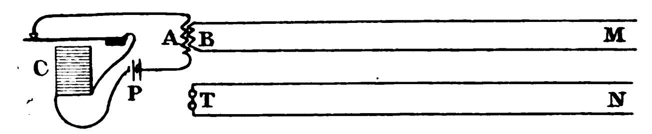
En ce qui conce... malie ne fut sig... poste central d...

L'affectatio... vante :

b) L'induction mutuelle de deux circuits de câble, appréciée d'après la méthode prescrite au cahier des charges, est absolument nulle :

Il n'est pas possible, à circuits ouverts, de percevoir, au moyen d'un récepteur Ader placé sur une paire quelconque, les paroles prononcées à haute voix devant un microphone Ader placé sur une autre paire.

c) Dans l'expérience, dont le croquis ci-dessous montre le dispositif, aucun bruit n'a été perçu dans les téléphones. Le résultat est le même, que les circuits soient rompus en M et N comme l'indique la figure, ou qu'ils soient continus.



P désigne une pile composée de deux éléments de Lalande et Chaperon montés en série : $E = 1^{v},8$, $p = 1^{\omega}$;
A le circuit primaire d'une bobine d'induction : $0^{\omega},4$;
B le circuit secondaire : 300^{ω};
C un contrôleur de pile : $2^{\omega},5$;
T deux récepteurs téléphoniques.

IV. Essais téléphoniques.

Dans chacun des essais suivants, l'audition a été cotée. L'adoption de cette mesure permettra d'exposer d'une manière plus concise les résultats expérimentaux.

Mais il ne faudrait pas se faire une trop haute idée de la précision à laquelle on peut prétendre dans ces appréciations, car les observations dont il s'agit ne laissent qu'une impression fugitive et difficile à traduire en nombres.

Les valeurs absolues des cotes dépendent forcément des observateurs.

Mais, comme elles ont toutes été attribuées par les mêmes agents, elles sont, du moins, comparables entre elles et, par conséquent, susceptibles de renseigner sur la qualité relative de l'audition dans les divers cas étudiés.

L'échelle des cotes s'étend de 0 à 20.

Les cotes comprises entre 1 et 5 correspondent aux cas où l'on ne perçoit guère que les « allôs ».

Les cotes comprises entre 5 et 10 correspondent aux cas où l'audition, bien que médiocre, est possible.

Les cotes égales ou supérieures à 10 correspondent aux cas où la conversation peut être considérée comme possible commercialement.

Les postes téléphoniques étaient constitués de la manière suivante :

Marseille :

Récepteur Ader;
Microphone Ader (forme pupitre);
Pile microphonique : 3 éléments de Lalande et Chaperon ($E = 2^{v},7$, $p = 1^{\omega},5$).

Toulon :

Récepteurs Aubry;
Microphone Paul Bert et d'Arsonval (vertical);
Pile microphonique : 3 éléments de Lalande et Chaperon ($E = 2^{v},7$, $p = 1^{\omega},5$).

a) *Influence sur l'audition d'une résistance ohmique intercalée dans le circuit.*

Résistance intercalée.	Cote de l'audition.
0^{ω} (circuit simple)	15
6.000	10
10.000	8
20.000	5
30.000	0 (communication impossible)

b) *Comparaison de l'audition sur un circuit de la ligne souterraine et de l'audition sur un circuit aérien de même longueur.* — On a utilisé pour constituer le circuit aérien les fils n° 252 (Marseille=Nice) et 396 (Marseille=Bastia) coupés à Toulon. Ces fils sont en cuivre; leur diamètre est de 3 *millimètres;* ils sont antiinductés.

Circuit aérien.	Cote de l'audition :	19
Id. souterrain.	Id.	15

Il a été possible de rendre l'audition équivalente dans les deux cas en parlant à 0^{m},20 de la planchette du microphone, lorsqu'on utilise le circuit souterrain, et, à 0^{m},70, lorsqu'on utilise le circuit aérien.

Le passage de l'un des circuits à l'autre était opéré très rapidement par la manœuvre d'un commutateur conchoïde.

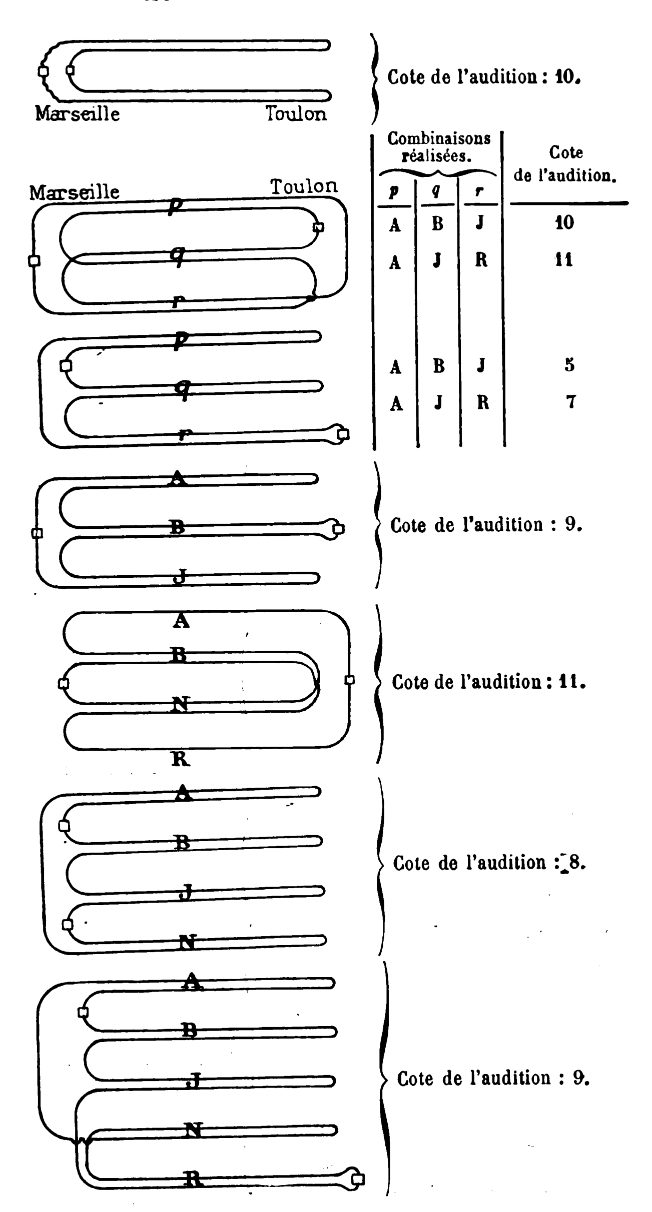
c) *Essais téléphoniques avec plusieurs circuits mis bout à bout.* — Ces essais ont donné les résultats suivants :

1 circuit (64 kilomètres). .	Cote de l'audition :	15
2 circuits (128 id.). .	Id.	10
3 circuits (192 id.). .	Id.	5

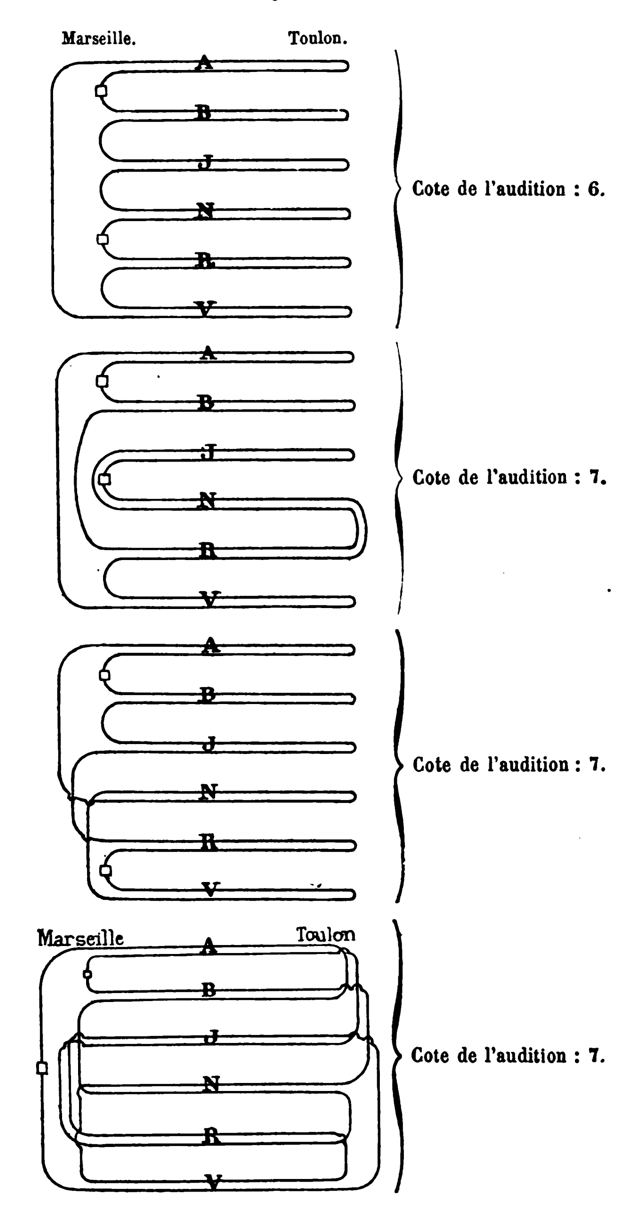
Dans cette dernière expérience, on ne perçoit plus guère que les « allôs ».

d) *Essais téléphoniques avec des circuits constitués par des fils décâblés.* — Toutes les fois qu'une combinaison a exigé l'installation de deux postes téléphoniques dans la même station, la station choisie a été Marseille. Le second poste qui a dû être monté était identique au premier, dont la constitution a été donnée ci-dessus.

Ces essais ont fourni les résultats suivants :



Combinaisons réalisées.			Cote de l'audition.
p	*q*	*r*	
A	B	J	10
A	J	R	11
A	B	J	5
A	J	R	7


Marseille.
Toulon.
A
B
J
N
R
V
Cote de l'audition : 6.
A
B
J
N
R
V
Cote de l'audition : 7.
A
B
J
N
R
V
Cote de l'audition : 7.
Marseille
Toulon
A
B
J
N
R
V
Cote de l'audition : 7.

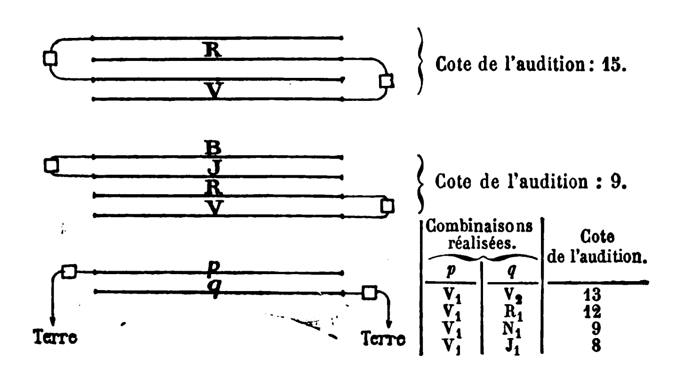
Les phénomènes qui se produisent dans les expériences où l'on fait usage de circuits constitués par des fils décâblés, sont évidemment très complexes.

Il semble difficile de démêler, dans les effets observés, le rôle de chacune des causes qui interviennent et de tirer de ces expériences quelques données positives. C'est pourquoi on n'a pas jugé utile de multiplier les combinaisons.

Quoi qu'il en soit, il est clair que l'induction électrostatique joue dans ces essais un rôle prépondérant, à telles enseignes que la continuité des circuits n'est pas nécessaire.

Dans toutes les combinaisons réalisées ci-dessus (§ *d*), la rupture du circuit à Marseille ou à Toulon n'a pas empêché la conversation et a même, parfois, amélioré l'audition. Il va sans dire que les coupures dont il s'agit doivent être pratiquées ailleurs qu'aux bornes des appareils.

Les expériences suivantes mettent d'ailleurs nettement en évidence le rôle de la capacité.



Combinaisons réalisées.		Cote de l'audition.
p	*q*	
V_1	V_2	13
V_1	R_1	12
V_1	N_1	9
V_1	J_1	8

Des essais téléphoniques complémentaires seront

effectués prochainement en vue d'étudier certaines questions relatives à la self-induction.

Les conclusions tirées de ces nouvelles expériences seront, le cas échéant, développées ici.

P. HEINA.

LES MONTRES AIMANTÉES

M. William T. Lewis, président de la *Horological Society* de Philadelphie, a présenté au *Franklin insti-*

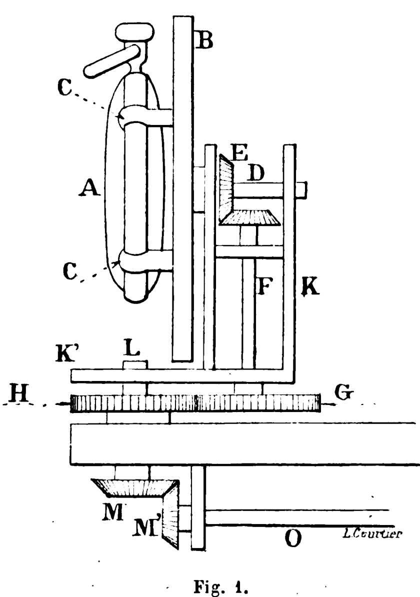


Fig. 1.

tute (*) l'appareil suivant (*fig.* 1 et 2) pour désaimanter les montres accidentellement aimantées.

A est la montre à désaimanter, montée sur un plateau circulaire B, et maintenue en place par les

(*) *The Journal of the Franklin Institute*, n° 853.

griffes CC et par une troisième griffe non visible. Le disque tourne au moyen du harnais d'angle E, qui reçoit le mouvement de la roue dentée G. La roue dentée H est immobile, tandis que l'équipage KK′

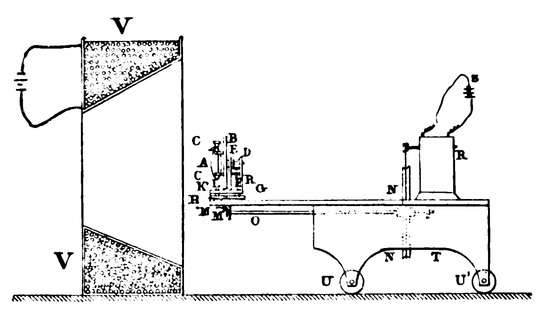


Fig. 2.

est monté sur l'axe de rotation L, mis en mouvement par le harnais MM′, actionné lui-même par courroie au moyen de la poulie N, calée sur l'axe O et de la poulie P, calée sur l'arbre Q du petit moteur R que la pile S fait tourner. Ce moteur est placé à l'intérieur d'un cylindre de fer qui l'isole magnétiquement et prévient toute action de sa part sur la montre.

On voit ainsi que la montre reste constamment dans un plan vertical, que ce plan tourne autour de l'axe vertical L qui passe sensiblement par le centre de gavité de la montre et qu'en même temps la montre tourne dans un plan parallèle à celui du cadran avec une vitesse égale à celle de l'arbre D. Comme la roue G a une dent de plus ou de moins que la roue H, on voit que lorsque le plan du cadran de la montre est dans un azimuth déterminé, un diamètre de la montre, comme celui de la ligne XII-VI heures, par exemple, peut occuper *n* positions équidistantes dans

le plan vertical correspondant à cet azimuth, *n* étant le nombre de dents de la roue G. On voit ainsi qu'à un $n^{ième}$ de tour près, un diamètre du cadran peut occuper telle direction de l'espace qu'on voudra.

Le chariot T est porté par les roues U U′, pour qu'on puisse avancer lentement la montre à l'intérieur de la bobine V jusqu'à son extrémité la plus reserrée et l'en retirer progressivement. Il faut l'écarter alors à une distance de plusieurs pieds.

La forme donnée à la bobine permet de soumettre

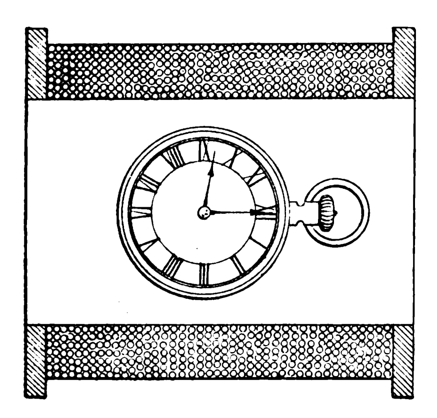


Fig. 3.

la montre à un champ graduellement croissant ou décroissant (suivant qu'on enfonce la montre dans la bobine ou qu'on l'en retire).

Pour justifier toutes les précautions prises ici, l'auteur fait remarquer que les pièces d'une montre qui ont été primitivement soumises à une aimantation de direction unique sont ensuite amenées par le jeu des mouvements internes d'oscillation et de rotation des divers organes dans des positions relatives très diffé-

rentes et très variées. Il faut donc, si l'on ne veut pas démonter la montre, soumettre l'ensemble à un champ démagnétisant dont la direction prenne toutes les positions possibles ; et, pour montrer la complexité de ces phénomènes d'aimantation, l'auteur donne le spectre magnétique d'un ressort aimanté au repos

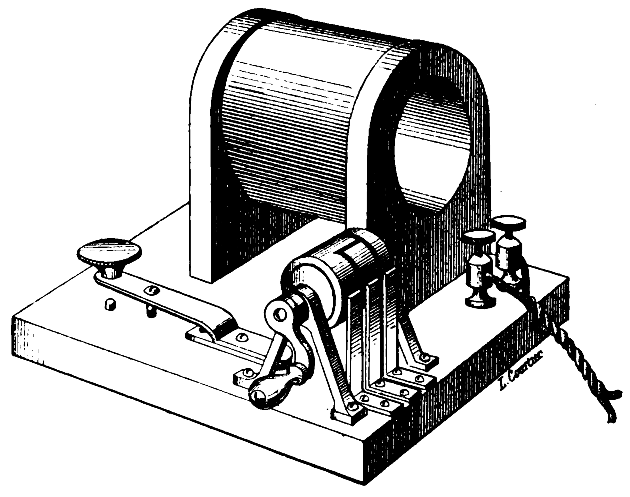


Fig. 4.

et celui du ressort spiral aimanté dans la position qu'il occupe lorsque la roue-balancier est à fin de course. Enfin, on voit qu'en employant le démagnétiseur le plus ordinaire (*fig.* 3 et 4), on peut bien, en introduisant la montre à son intérieur, désaimanter (dans la position indiquée sur la figure) la grande aiguille; mais qu'il n'en est pas de même de celle des heures, qui peut cependant avoir été aussi aimantée.

J.-B. P.

CHRONIQUE.

Rapport sur les précautions à prendre dans l'installation des conducteurs électriques au voisinage des magasins à poudre.

Commissaires : MM. *Berthelot*, *Cornu*, *Mascart*, *Lippmann*, *Deprez*, *Becquerel*, *Potier*, *d'Arsonval*; *Violle*, rapporteur. — Par une lettre du 21 janvier 1897, rappelée par dépêche du 4 mai dernier, M. le Ministre de la guerre demande à l'Académie de lui faire savoir les précautions qui doivent être prises dans l'installation des conducteurs d'énergie électrique au voisinage des magasins à poudre.

L'Académie a été saisie autrefois de la question relativement aux fils télégraphiques, et, dans sa séance du 18 août 1858, elle a, sur un rapport de Pouillet, formulé certaines règles que le Ministère de la guerre a transmises aux directeurs des établissements de l'artillerie, par une circulaire en date du 28 décembre 1858.

Les progrès réalisés depuis cette époque dans le domaine de l'électricité, semblant nécessiter aujourd'hui une revision des dispositions alors adoptées, M. le Ministre de la guerre demande particulièrement l'avis de l'Académie sur les points suivants :

1° Quelles modifications peut-on apporter aux dispositions de la circulaire du 28 décembre 1858, pour simplifier, dans la mesure du possible, l'établissement des conducteurs télégraphiques et téléphoniques dans le voisinage des magasins à poudre ou à explosifs?

2° Quelles sont les dispositions à adopter, d'une façon

générale, pour l'installation des conducteurs d'énergie électrique autres que les précédents, passant à proximité de ces magasins?

3° Peut-on, sans inconvénient, assurer, au moyen de lampes à incandescence, l'éclairage des locaux composant les mêmes magasins?

4° Dans quelles conditions pourrait-on installer des sonneries électriques permettant aux factionnaires, qui gardent les magasins à poudre, de donner l'alarme aux postes dont ils dépendent, lorsque ces postes sont à grande distance des magasins? On peut admettre que les guérites de ces factionnaires sont toujours à une distance d'au moins 4 mètres de l'endroit où est déposée la poudre.

Voici les réponses que la Commission soumet à l'approbation de l'Académie :

1° et 2° Il n'y a pas lieu de distinguer des conducteurs d'énergie électrique les conducteurs téléphoniques ou télégraphiques, qui, exposés à des coups de foudre, peuvent transmettre momentanément des quantités énormes d'énergie, et que l'on a vus aussi plus d'une fois amener par leur chute des enchevêtrements funestes. Les mêmes prescriptions doivent s'appliquer dans tous les cas.

Une ligne transportant de l'énergie électrique ne constitue par elle-même aucun danger pour les objets qui ne sont pas situés dans son voisinage immédiat : une distance de 10 mètres paraît suffisante pour écarter tout risque.

On ne laissera donc pas les lignes souterraines approcher à moins de 10 mètres des poudrières.

La même distance de 10 mètres sera également imposée aux conduites d'eau ou de gaz, à cause des défauts possibles de conductibilité qui les rendraient dangereuses.

Les lignes aériennes, exposées à être déplacées par diverses causes mécaniques ou météorologiques impossibles à éviter, devront être tenues à une distance plus grande, mais que l'on ne saurait définir simplement par un nombre. La véritable condition de sécurité sera, en effet, que la ligne ne puisse, en aucun cas, tomber dans le voisinage immédiat de la poudrière; ce qui dépendra pratiquement de la configuration du sol, de la hauteur et de la solidité des poteaux, de la

fixité générale de la ligne. Cependant, une distance minimum de 20 mètres paraît devoir être exigée dans tous les cas.

Mais le service des magasins à poudre réclame l'introduction de certaines lignes à côté ou dans l'intérieur même des locaux. Comment alors disposer les choses pour éviter autant que possible les accidents? C'est ce que nous devons maintenant examiner suivant les questions 3° et 4°.

3° S'il est nécessaire d'éclairer artificiellement un local contenant des matières explosibles, le luminaire de beaucoup le moins dangereux, parmi tous ceux qui sont actuellement connus, est certainement la lampe à incandescence électrique. Les dangers que pourrait présenter ce mode d'éclairage seront singulièrement atténués, si le courant est amené par un câble souterrain; si, dans l'intérieur de la poudrière, les conducteurs sont constitués par des fils revêtus d'abord d'une couche isolante continue, d'épaisseur suffisante au point de vue électrique, protégés ensuite contre toute détérioration mécanique ou chimique par une enveloppe en métal étanche et résistante; si, en outre, les clefs ou boutons d'allumage, ainsi que les interrupteurs ou plombs fusibles, sont placés à l'extérieur des locaux. On aura d'ailleurs soin de ne faire usage que de courants à basse tension, en s'astreignant à ne pas dépasser 110 volts dans toute la distribution intérieure. On renoncera aussi absolument aux lampes mobiles, et l'on ne fera usage que de lampes fixes, protégées par une seconde enveloppe en verre.

4° Pour les sonneries électriques, qui n'emploieront jamais que de faibles courants et des fils de petit diamètre, et qui, d'ailleurs, d'après le programme qui nous est soumis, aboutiront à des guérites situées toujours à une distance d'au moins 4 mètres des poudrières, il n'y aura pas de précautions spéciales à prendre lorsque la ligne sera souterraine : cependant, en certains cas, un parafoudre dans la guérite pourrait ne pas être inutile. Si l'on emploie une ligne aérienne, dont on aura soin d'assurer la solidité, on la munira d'un parafoudre à chaque extrémité et de paratonnerres, analogues à ceux qu'emploie l'Administration des télégraphes, placés tous les 100 mètres sur les poteaux supportant la ligne. Bien entendu, ces parafoudres et ces paratonnerres devront être

établis, suivant les règles en usage, dans de bonnes conditions de communication avec le sol.

D'après ce que nous venons de dire, la circulaire du 28 décembre 1858 devrait être modifiée comme il suit, quant aux trois prescriptions qu'elle édicte, relativement aux lignes téléphoniques ou télégraphiques (nous dirons relativement aux lignes quelconques de transmission d'énergie électrique).

§ 1. — N'admettre dans le voisinage des magasins à poudre que des lignes en parfait état d'installation. Rejeter toute ligne étrangère à 20 mètres au moins si elle est aérienne, à 10 mètres au moins si elle est souterraine. Imposer la même limite de 10 mètres aux conduites métalliques souterraines (eau, gaz, etc.). S'astreindre, pour les lignes de service intérieur, aux précautions recommandées plus haut (3° et 4°).

§ 2. — Le paragraphe 2, d'ordre administratif, découle immédiatement de ce qui précède.

§ 3. — Le paragraphe 3 est inutile à maintenir.

Nous proposons à l'Académie d'approuver ces prescriptions, qui assureront la sécurité des poudrières et donneront toute la liberté possible à l'Administration des télégraphes et à l'industrie privée.

Les conclusions du rapport sont mises aux voix et adoptées.

(*L'Industrie électrique*, 25 juin 1897.)

Lampe à incandescence à transformateur.

Bien que le platine, qui sert à constituer les fils d'attache des filaments de lampes à incandescence, ait sensiblement le même coefficient de dilatation que le verre, ces fils finissent par se séparer du verre dans lequel ils sont empâtés, donnant ainsi naissance à une fente imperceptible par laquelle l'air pénètre dans la lampe, abrégeant son existance et diminuant son pouvoir éclairant ; c'est qu'en effet la chaleur spécifique

du verre étant 6 à 7 fois plus grande que celle du platine, ce dernier s'échauffe plus rapidement au début de l'allumage et se refroidit plus vite aussitôt après l'extinction, de sorte que les dilatations et contractions des fils de platine et du verre ne se produisent pas en même temps.

Une lampe à courant alternatif imaginé par M. G.-W. Meyer, dont il est beaucoup question dans les journaux allemands, remédie radicalement à cet inconvénient. Dans cette lampe appelée *Transformatoren Glühlampe*, le culot est placé au milieu d'une bobine parcourue par le courant d'alimentation ; intérieurement à la lampe se trouve une seconde bobine qui constitue le secondaire d'un transformateur dont la bobine précédente est le prmaire; le filament relié aux extrémités du secondaire est porté à l'incandescence par les courants induits.

Des essais récents ont montré que sous une différence de potentiel de 100 volts une lampe de 16 bougies exige une intensité de 0,49 ampère, soit 49 watts. La consommation par bougie serait donc de 3 watts, soit à peu près celle d'une lampe à incandescence ordinaire.

(*L'éclairage électrique*, 7 août 1897.)

Sur les effets actino-électriques des rayons Röntgen.

Note de M. Puggenheimer.

M. Edmond Becquerel et, à sa suite, Hankel et d'autres savants ont établis que si, des deux électrodes plongées dans un liquide, on expose l'une à la lumière, il y a production d'un courant électrique dont le sens dépend des conditions de l'expérience. A l'aide d'une disposition expérimentale convenable, j'ai pu employer un tube de Crookes comme sources de radiations actives et j'ai obtenu les résultats suivants :

Si l'on plonge deux électrodes identiques dans un liquide



et si l'on expose ensuite l'une aux rayons de Röntgen, il y a naissance d'un courant qui va ordinairement de la plaque exposée aux rayons X à l'autre par le circuit extérieur. L'intensité du courant dépend de l'intensité du rayonnement, et si ce dernier est intense, le courant change de sens pendant l'expérience.

(*Comptes rendus*, 5 juillet 1897.)

L'Éditeur-Gérant, Vve CH. DUNOD et P. VICQ.

IMPRIMERIE E. FLAMMARION, 26, RUE RACINE, PARIS.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1897 **Novembre-Décembre**

LE BUREAU TÉLÉPHONIQUE DE LYON

INSTALLATION D'UN COMMUTATEUR MULTIPLE DU SYSTÈME D'ADHÉMAR

Deux améliorations importantes viennent d'être réalisées dans le service téléphonique de Lyon, du fait de la création d'un bureau unique et de l'installation d'un tableau multiple devenu indispensable dans un réseau de 1.500 abonnés.

Le commutateur multiple installé dans ce bureau est du système d'Adhémar, construit par la Société des établissements Postel-Vinay, de Paris.

C'est un multiple pour lignes à double fil, avec jacks en dérivation, et à effacement automatique des annonciateurs.

Des appareils de même espèce avaient déjà été installés en France; tels ceux du Havre et de Rouen, construits par la *Western Electric C°* et dont la des-

cription générale a été donnée dans ce recueil par M. de la Touanne, numéro de septembre-octobre 1894.

Le système d'Adhémar en diffère surtout, par le mode d'épreuve ou de test des lignes, et par ce fait que les annonciateurs individuels sont supprimés du circuit lorsque deux lignes sont reliées au lieu de demeurer en dérivation.

On trouvera au cours de la description d'autres différences particulières dans l'installation ou la manœuvre des fiches et des clés : elles ne sont pas toujours à l'avantage du système.

L'installation, qui a été réalisée à Lyon avec le matériel fourni par la Société Postel-Vinay, d'après le programme de l'Administration, présente cette particularité intéressante que le multiple comprend deux parties qu'on ne trouve pas toujours réunies dans le même bureau, et qui feront chacune l'objet d'une description spéciale dans cette étude :

I. Le *meuble urbain*, capable de réunir 6.000 abonnés, bien qu'il ne soit actuellement équipé que pour 2.100.

II. Le *meuble interurbain*, équipé pour 50 lignes interurbaines.

Les courants électriques nécessaires aux microphones, aux appels et à l'effacement automatique des annonciateurs sont fournis par des accumulateurs.

I. — MEUBLE URBAIN.

La multiplicité de ses organes et leur dépendance réciproque en rendent la description difficile, mais on peut considérer :

D'abord les organes particuliers à un abonné et qui existent dans tout bureau central, tels que le jack et l'annonciateur individuels ;

Puis le multiplage de la ligne qui la met à la portée de toute téléphoniste par le jack général;

Enfin les organes auxilaires tels que clés, écouteur, cordons, etc., qui servent à chaque téléphoniste à entrer en rapport avec l'abonné et à établir les communications.

La liaison des lignes urbaines aux lignes interurbaines, qui s'opère au moyen de la table intermédiaire et de diverses communications de service, ne sera expliquée qu'après la description du meuble interurbain.

Dans chacune des séries d'organes dont il vient d'être question, il faut encore considérer, à côté du circuit d'abonné, deux autres circuits auxiliaires destinés à l'épreuve de la ligne et à l'effacement des annonciateurs.

L'épreuve d'une ligne consiste à s'assurer qu'elle n'est pas occupée. Cette opération est rendue nécessaire par le multiplage, et elle s'effectue par la fermeture d'un circuit spécial à travers le jack général de l'abonné et l'écouteur de la téléphoniste.

L'effacement automatique des annonciateurs exige un autre circuit auxiliaire, commun en majeure partie avec le précédent, car il utilise la même batterie. Chacun de ces circuits suit dans le meuble une ligne d'abonné, mais comme celle-ci est constituée au double fil, toute influence est supprimée et il n'est plus nécessaire d'attribuer à ces circuits un retour individuel. Cette remarque expliquera, par la suite, l'usage de câbles où les fils sont groupés à raison de trois par abonné.

1re série d'organes : Jack et annonciateur particuliers, fiche de connexion.

Le jack particulier est formé de deux ressorts et d'une bague métalliques isolés les uns des autres. (Voir *fig.* 1 et 1 *bis.*)

Deux de ces ressorts sont rattachés au circuit d'une

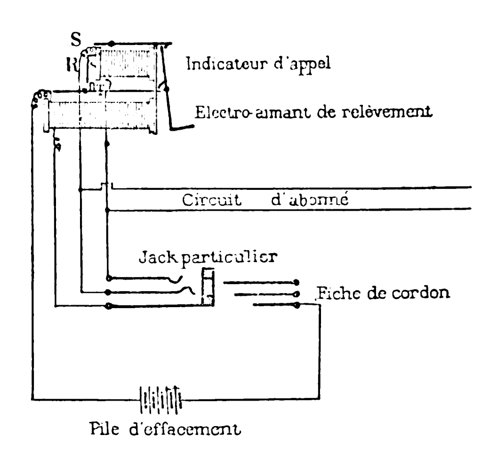


Fig. 1. — Dispositions d'un jack et d'un annonciateur particuliers.

ligne d'abonné, le troisième fait partie des circuits d'épreuve et d'effacement.

Ces jacks sont réunis sur une même réglette, en une double rangée de 25, disposés et numérotés comme l'indique la *fig.* 2.

Le cordon qui sert aux communications a aussi trois fils, dont deux prennent le circuit de l'abonné, tandis que le troisième distribue le pôle positif de la pile commune à l'épreuve et à l'effacement. La fiche qui termine le cordon comprend trois tubes concentriques sur lesquels s'attachent les fils au moyen de petites vis.

Ces tubes sont isolés entre eux par des couronnes d'ébonite et présentent un retrait inverse de celui des ressorts du jack : les deux tubes intérieurs sont reliés au circuit de ligne, le tube extérieur est rattaché au pôle positif de la pile. (Voir *fig.* 1 *bis*.)

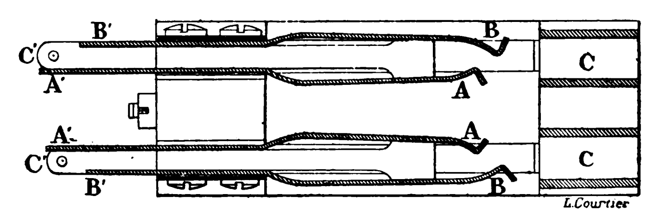
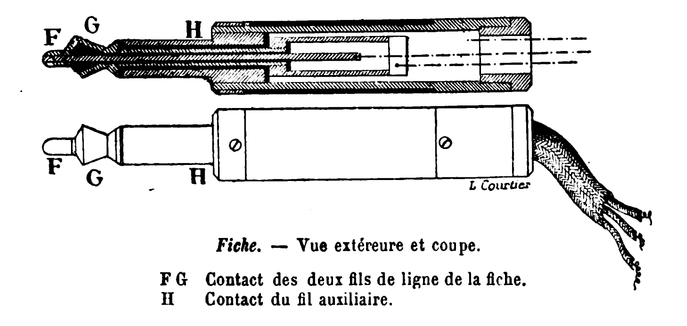


Fig. 1 *bis*. — Coupe verticale d'une réglette de jacks.

AB Ressorts antérieurs de ligne.
C Massif du jack.
A' B' C' Lames où s'attachent les fils extérieurs.



Fiche. — Vue extéreure et coupe.

FG Contact des deux fils de ligne de la fiche.
H Contact du fil auxiliaire.

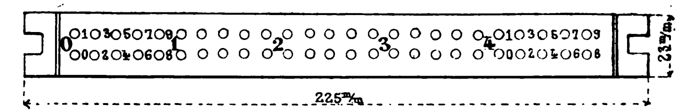


Fig. 2. — Vue de face d'une réglette de 50 jacks.

L'annonciateur est formé de deux électro-aimants à bobine unique. L'électro-aimant supérieur est relié au circuit d'abonné, et le mouvement de son armature

fait déclencher le voyant; l'électro-aimant inférieur sert au relèvement du voyant, en même temps qu'il ouvre le circuit de l'électro-aimant supérieur devenu inutile pendant la conversation. (Voir *fig.* 1 et 3.)

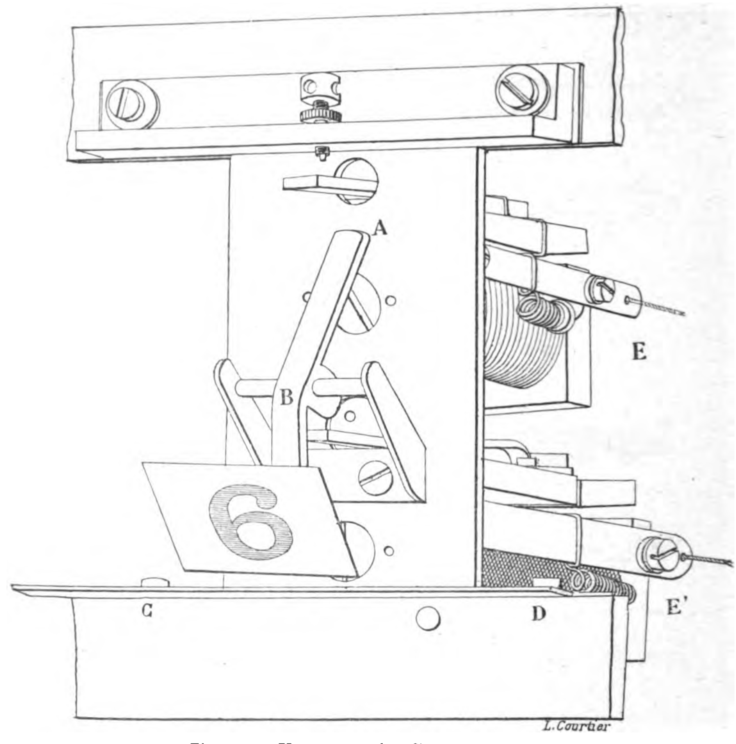


Fig. 3. — Vue perspective d'un annonciateur.

CD Planchette fixe cachant le voyant lorsqu'il est relevé.
AB Voyant déclenché.
E Indicateur d'appel.
E Électro-aimant de relèvement.

Pour ce dernier effet, le circuit d'abonné passe par un ressort vertical R, qui est écarté de son butoir S par le doigt en ivoire T fixé sur l'armature de l'électro-aimant inférieur et mobile avec elle (*fig.* 3 *bis*).

Lorsque le voyant déclenche, il prend la position AB sous son propre poids, très léger d'ailleurs, et il laisse apparaître le numéro inscrit sous sa face inférieure qui se trouvait cachée par la planchette fixe CD.

L'armature de l'électro-aimant inférieur agit au moyen du doigt O fixé sur la tige du voyant pour le

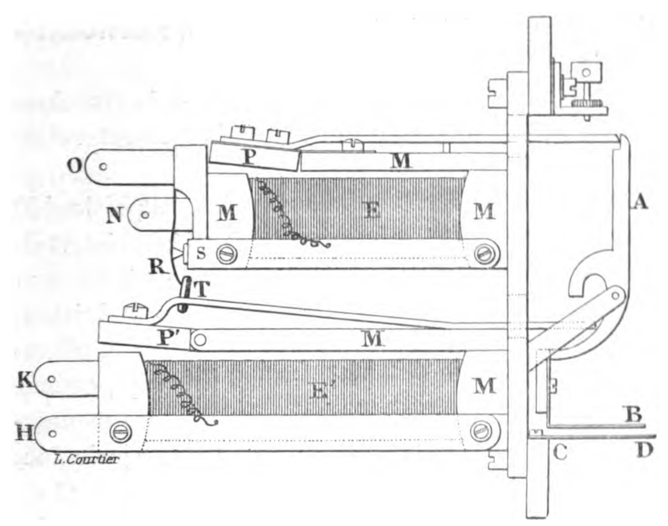


Fig. 3 *bis*. — Vue de côté d'un annonciateur.

E Électro-aimant d'appel.
E' Électro-aimant de relèvement.
A B Voyant au repos.
P P' Palettes d'armatures mobiles.
M Massifs en fer.
O N K H Lames en cuivre où s'attachent les fils extérieurs.
T Doigt d'ivoire.
R Ressort de rupture de l'électro-aimant du circuit d'appel.

relever et l'effacer. Cette armature est attirée dès qu'une fiche de cordon est enfoncée dans le jack correspondant. En effet, son électro-aimant est relié, *fig.* 1, d'une part au pôle négatif de la pile d'effacement, et

d'autre part à la bague antérieure du jack; l'introduction d'une fiche dans ce jack opère donc la fermeture du circuit d'effacement. Ce circuit reste fermé et l'annonciateur d'appel est maintenu bloqué ou plus exactement isolé tant que la fiche est enfoncée dans le jack.

Les électro-aimants d'effacement sont tous reliés par un fil commun au pôle négatif de la pile, tandis qu'ils sont rattachés individuellement au ressort antérieur de leur jack.

La bobine de chaque électro-aimant est de 200 ohms et l'intensité nécessaire à son fonctionnement est de 40 milli-ampères.

Les annonciateurs sont réunis par groupe de 100 pour être desservis par une seule téléphoniste. Ils occupent la partie supérieure du meuble où ils sont disposés sur cinq rangées horizontales, et ils laissent le milieu libre pour l'emplacement des jacks. L'effacement automatique des annonciateurs présente, comme on le sait, le double avantage de diminuer les manœuvres des téléphonistes et de réserver pour les jacks tout l'espace qui est à portée de la main.

Les jacks particuliers correspondant aux annonciateurs sont groupés sur deux règlettes à 50 numéros chacune, et rangés sur une même ligne horizontale au-dessous des jacks généraux.

2e série d'organes : Jacks généraux.

Le jack général, répété sur chaque section ou table, met la ligne d'un abonné à la disposition de toutes les téléphonistes. Il est entièrement semblable au jack particulier, car sur ses ressorts s'attachent les deux

fils d'un circuit de ligne et le fil qui fait partie des circuits locaux d'épreuve et d'effacement.

Tous les jacks généraux de même numéro sont en dérivation sur le jack individuel. La distance de l'un à l'autre est de $1^{m},92$ et ils occupent toujours la même position relative par rapport aux autres jacks de numéros différents.

Une téléphoniste a devant elle un tiers de table, mais on admet qu'elle peut atteindre les jacks dans le tiers de table situé à sa droite et dans celui qui est à sa gauche. Il suffit donc, dans ces conditions, de répéter le jack général de section en section pour le mettre à la disposition de toutes les téléphonistes. Aux extrémités du meuble, on répète les jacks généraux sur un tiers supplémentaire de table pour placer tous les jacks d'abonnés à la portée de la dernière téléphoniste.

Les jacks généraux sont groupés par rangées horizontales de 300, qui se superposent jusqu'à 6.000 numéros, capacité du tableau multiple.

Chaque rangée horizontale contient, en effet, six réglettes distinctes de 50 jacks chacune; la disposition et le numérotage d'une de ces réglettes ont été vus *fig.* 2.

Comme il est possible de placer le chiffre des centaines en dehors des réglettes, on peut voir qu'il n'y a dans le meuble que deux sortes de réglettes : celles qui portent les inscriptions de 0 à 49 et celles qui suivent de 50 à 99. On remarquera également l'ordre obtenu dans le numérotage en débutant par le chiffre 0.

Chaque réglette est fixée contre le bâti par deux vis, et elle peut être tirée en avant pour la visite des ressorts des jacks et des attaches des fils. Il faut cependant reconnaître que l'opération n'est pas sans danger pour

les attaches, malgré la longueur des fils laissée dans le meuble pour cette opération.

Les jacks généraux sont reliés entre eux par des câbles à cinquante séries de trois fils. La *fig.* 4 rend compte des communications d'un jack général et de ses liaisons avec le jack et l'annonciateur particuliers.

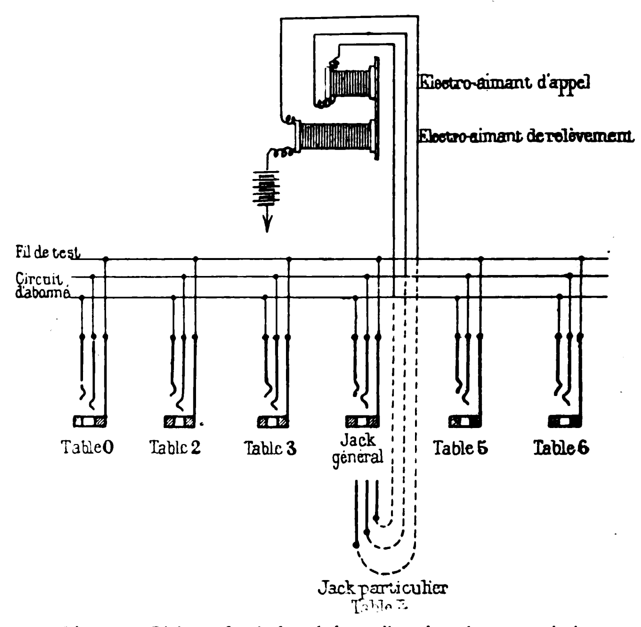


Fig. 4. — Liaisons des jacks généraux d'un abonné avec son jack et son annonciateur particuliers.

Des câbles à 50 triples fils correspondent à une réglette de jack; ils vont d'une table à la suivante, où ils se soudent directement sur les ressorts des jacks, après que leurs extrémités ont été épanouies en forme de peigne sur toute la longueur de la réglette. A leur passage devant la table où ils doivent être desservis, ils se réunissent en outre aux jacks et annonciateurs

particuliers de cette table. A une extrémité, ces câbles se relient aux circuits extérieurs sur la première réglette, tandis qu'à l'autre extrémité ils sont tenus isolés, soit définitivement, soit en attendant l'extension du meuble.

Chaque fil comprend un conducteur de cuivre de $0^{mm},6$ de diamètre environ dont la résistance ne doit pas dépasser 60^{ω} par kilomètre, et qui est recouvert de deux couches de soie et de deux couches de coton. La couche extérieure de coton est diversement colorée par des mélanges de couleurs qui servent à différencier les 50 séries. Dans chaque série, le fil uniformément rouge, fait partie des circuits d'épreuve et d'effacement, et les deux autres fils diversement colorés forment le circuit de ligne.

Les câbles sont disposés avec ordre par couches horizontales de 12, et chaque couche repose sur des tiges en fer mobiles qui permettent de la soulever en cas de besoin. Cette opération est nécessaire, lorsqu'il faut visiter une réglette de jacks et la retirer en avant du meuble. Le peigne de raccordement des fils aux jacks est assez long pour permettre le mouvement de la réglette, et comme chacun des câbles conserve son rang, ce peigne est d'autant plus long qu'il appartient à un câble plus éloigné de la réglette.

La liaison entre les jacks généraux et les jacks et annonciateurs particuliers, dont il vient d'être parlé, s'opère au moyen d'un organe auxiliaire appelé répartiteur intermédiaire. Dans le meuble de Lyon, ce répartiteur consiste en deux colonnettes d'étoiles métalliques à trois branches, qui sont placées verticalement côte à côte et qu'on peut unir ou séparer au moyen de petites baguettes de fils horizontales. Chaque colonnette com-

prend 50 séries de trois étoiles qui sont superposées et isolées entre elles par de minces rondelles d'ébonite. Aussi, pour utiliser aisément ces séries d'étoiles très rapprochées, on fait chevaucher un peu leurs branches

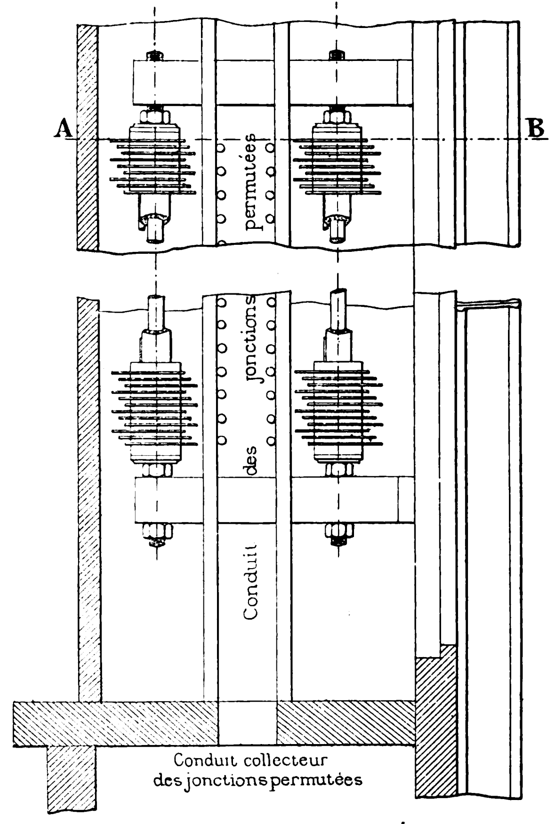


Fig. 5. — Répartiteur intermédiaire. (Élévation.)

trois par trois, ce qui d'ailleurs permet la distinction des séries (*fig.* 5 et 6). Les triples fils des jacks généraux s'épanouissent, un par étoile, sur une des colonnettes, tandis que les triples fils venant des annonciateurs ou

des jacks particuliers, se soudent vis-à-vis sur les étoiles de la deuxième colonnette. Pour relier les jacks généraux aux organes particuliers, il suffit donc d'établir de petites baguettes de fil entre les séries d'étoiles correspondantes des deux colonnettes. Si, par la suite, on veut retirer une ligne d'abonné d'une table pour la conduire sur une autre table, sans changer de jack général, c'est-à-dire de numéro, il est facile de rompre les baguettes de liaison de la série qui correspond à ce jack général et de le rattacher ensuite par des fils auxiliaires posés jusqu'à la nouvelle table choisie. Cette faculté de répartition des lignes justifie le nom de

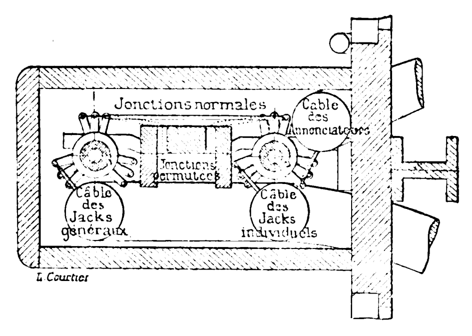


Fig. 6. — Répartiteur intermédiaire. (Vue en plan. Coupe suivant AB.)

l'organe. Elle permet donc de changer les abonnés de table, tout en leur conservant leur numéro respectif, et de modifier par suite les groupements des tables en cas d'inégalité de travail. Il doit par suite y avoir indépendance entre le numérotage des jacks généraux de 0 à 5.999 et celui des jacks particuliers, qui dans chaque groupe va de 0 à 99. Il suffit d'ailleurs, pour ces derniers, qu'il y ait correspondance avec les numéros des annonciateurs.

Dès qu'un appel, en effet, se produit dans son groupe, la téléphoniste répond au demandeur en utilisant le jack particulier dont le numéro est celui de l'annonciateur tombé ; elle attaque au contraire le demandé par son jack général.

Le répartiteur intermédiaire est fixé derrière chaque groupe et est disposé verticalement en dehors du meuble, ce qui le rend très accessible. Comme il y a 100 lignes par groupe, il comprend donc deux paires de colonnettes d'étoiles à 50 séries. Sa hauteur ne dépasse pas 1 mètre et sa saillie est de $0^m,10$ au plus. Chaque branche d'étoile peut recevoir l'attache d'un fil.

3e série : Organes auxiliaires.

Il s'agit des organes qui servent à établir les communications, sans être spécialement affectés à une ligne d'abonné.

Ce sont :

- Les fiches et les cordons de jonction ;
- Les clefs d'appel ;
- L'appareil de service et ses clefs de manœuvre ;
- Les organes complémentaires de l'essai de la ligne et de l'effacement des annonciateurs ;
- Et l'indicateur de fin de conversation.

Nous avons déjà décrit les fiches ; quant aux cordons de jonction, nous avons vu qu'ils sont à trois fils, dont deux forment le circuit de l'abonné et dont le troisième est relié au pôle positif de la pile d'essai et d'effacement. Chacun d'eux est formé de deux parties réunies entre elles par l'intermédiaire de deux clefs d'appel et d'une clef d'écoute. Ces deux parties ne sont

pas indifféremment destinées au même usage. L'une d'elles, terminée par une fiche noire, doit être enfoncée dans le jack particulier du demandeur; l'autre, avec fiche rouge, est disposée pour l'essai de la ligne du demandé et doit être placée dans son jack général (*fig.* 7). Il y a là un léger défaut en ce sens que la

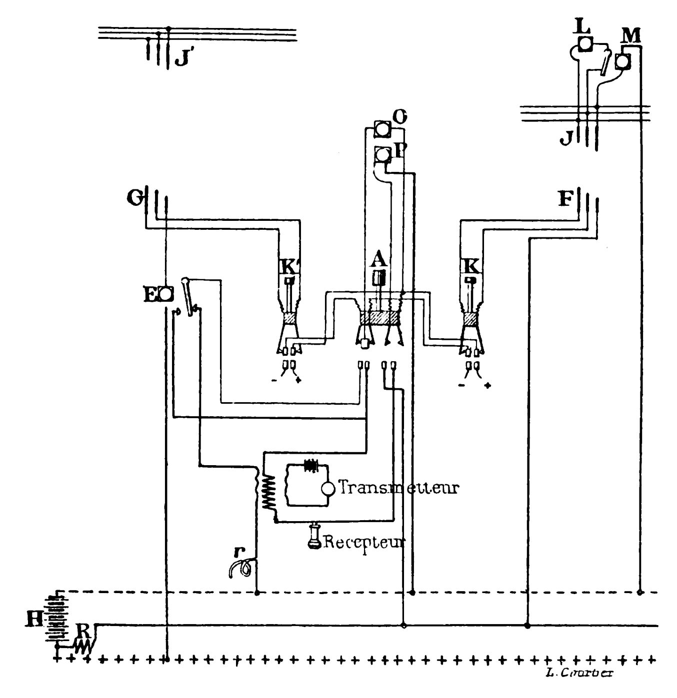


Fig. 7. — Communications d'un cordon avec ses clefs d'appel et d'écoute.

Légende.

FK	Fiche et clef d'appel noires pour répondre au demandeur.	A	Clef d'écoute.
GK'	Fiche et clef d'appel rouges pour l'abonné demandé.	O	Indicateur de fin de conversation.
J	Jack particulier.	P	Électro-aimant de relèvement.
L	Indicateur d'appel.	E	Électro-aimant d'essai.
M	Électro-aimant de relèvement.	H	Batterie générale.
J'	Jack général.	R	Résistance égale à celle de E.
		r	Petite résistance additionnelle.

téléphoniste doit choisir entre les deux fiches d'une même paire pour répondre à un abonné, d'où une petite perte de temps.

Une clef d'appel, de couleur noire ou rouge, est intercalée dans le circuit de ligne sur chacune des deux

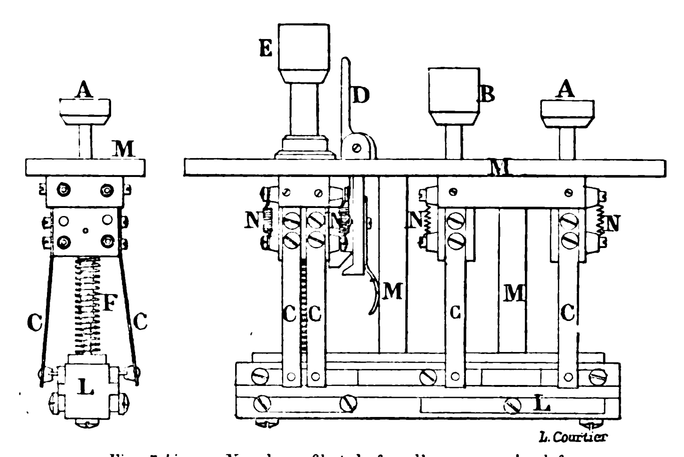


Fig. 7 *bis*. — Vue de profil et de face d'un groupe de clefs.

A Clef noire d'appel.
B Clef rouge d'appel.
E Clef d'écoute.
D Doigt d'arrêt de la clef d'écoute.
ccc Ressorts de contacts de chaque clef.
F F Tiges guides des clefs, avec les ressorts qui servent à les relever.
L Réglette d'ébonite où sont fixées les lames de cuivre sur lesquelles les ressorts prennent contact.
M M Pièces métalliques du bâti.
N N Petites spirales, reliant métalliquement les ressorts *ccc* avec les fils qui sortent des clefs.

Nota. — Pour les communications des lames de cuivre avec les ressorts *ccc*, consulter la *fig*. 7.

parties d'un cordon, et en l'abaissant on met la pile d'appel sur la partie du cordon qui lui correspond. La clef d'écoute est placée au milieu du cordon et réunit ses deux parties. Quand elle est abaissée, retenue par un cran d'arrêt, elle met le récepteur de la télépho-

niste en dérivation sur le circuit de ligne du cordon.

L'intercalation du récepteur est immédiate sur la partie noire du cordon (côté du demandeur), tandis que, sur la partie rouge (côté du demandé), elle n'a lieu qu'après l'épreuve de la ligne par le jeu d'un commutateur automatique, qui n'est autre que l'armature d'un électro-aimant appelé aussi relai d'essai (*fig.* 8).

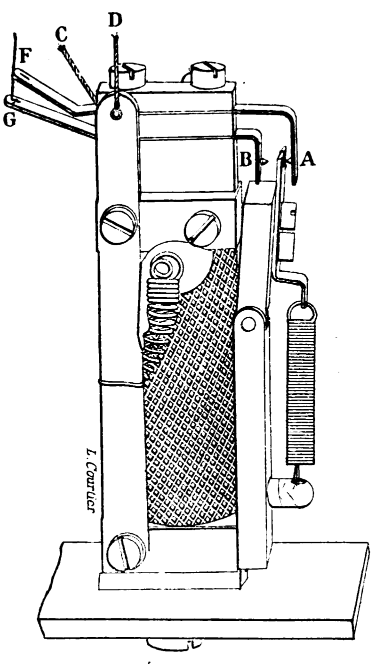


Fig. 8. — Électro-aimant d'essai.

A Contact du circuit d'essai.
B Contact du circuit d'écoute.
CD Fils d'entrée et de sortie de la bobine de l'électro-aimant.
F Branche du circuit d'essai.
G Branche du circuit d'écoute.

Voici d'ailleurs les dispositions prises pour l'épreuve dans l'appareil de la téléphoniste. La bobine d'induction de cet appareil possède un troisième circuit dont une extrémité est rattachée au pôle négatif de la pile d'essai, et dont l'autre extrémité vient au butoir de repos de la palette du relai d'essai. La palette est elle-même reliée au fil de ligne du cordon qui aboutit à la partie centrale de la fiche rouge G, lorsque la clef d'écoute A est abaissée.

On peut comprendre maintenant comment se fait l'épreuve.

Dès qu'une fiche est enfoncée dans un jack, le pôle positif de la pile d'essai est placé sur la bague antérieure ou massif de ce jack et de tous ceux de la même ligne qui sont reliés entre eux. La téléphoniste, qui doit reconnaître si une ligne est occupée, approchera la pointe d'une fiche rouge au contact de la bague du jack général de cette ligne ; si, à ce moment, le pôle positif d'essai est déjà sur la bague, un courant s'établira à travers le troisième enroulement de sa bobine d'induction, et elle percevra dans son récepteur un toc produit par l'établissement du courant. Si, au contraire, pendant l'opération, son récepteur demeure silencieux, elle peut enfoncer entièrement sa fiche dans le jack, et par cette dernière manœuvre, elle aura disposé son récepteur en dérivation sur le circuit de ligne du cordon rouge. En effet, le troisième fil du cordon rouge n'est relié au pôle positif d'essai qu'après avoir traversé la bobine du commutateur automatique. Aussitôt donc la fiche rouge enfoncée dans le jack, le pôle positif d'essai se relie au massif de tous les jacks de la même ligne, et le circuit se ferme par l'électro-aimant d'effacement de l'indicateur d'appel de la ligne demandée, en bloquant cet indicateur et en le retranchant du circuit de la ligne. Mais, à son tour, la fermeture du circuit d'effacement permet à l'électro-aimant d'essai E d'agir, et à sa palette d'appuyer sur le butoir de travail et de mettre le récepteur de la téléphoniste en dérivation sur la deuxième partie du cordon. L'électro-aimant d'essai agit bien à la manière d'un commutateur automatique.

Trois effets résultent donc de l'enfoncement d'une fiche rouge dans un jack : l'action du commutateur automatique, la mise hors circuit de l'annonciateur

particulier, et l'épanouissement du pôle positif sur tous les jacks de l'abonné.

L'électro-aimant d'essai est à bobine unique d'une résistance de 200^{ω} égale à celle de l'électro-aimant d'effacement. Comme ces deux résistances sont placées à la suite dans le circuit d'effacement, la pile d'essai à relier aux parties rouges des cordons, possède un voltage double de celui de la pile reliée aux parties noires, soit 16^{v}, ou bien une résistance R est intercalée sur la partie noire pour remplacer la résistance de l'électro d'essai E.

Lorsqu'après avoir établi une communication, on relève la clef d'écoute du cordon utilisé, on introduit en dérivation sur le circuit de ligne un indicateur de fin de conversation dont la résistance est de 600^{ω}; et qui est substitué aux deux annonciateurs particuliers des abonnés reliés.

L'indicateur de fin de conversation possède, comme les autres annonciateurs, un électro-aimant d'effacement dont le circuit, du reste, se ferme par l'abaissement de la clef d'écoute.

Le schéma de la *fig.* 7 reproduit les communications d'un cordon avec ses deux clefs d'appel, sa clef d'écoute, son électro-aimant d'essai et son indicateur de fin de conversation. On y voit aussi les prises de pile pour l'épreuve et pour l'effacement, l'appareil de la téléphoniste, et le troisième enroulement d'essai auquel on joint une petite bobine additionnelle pour former une résistance de 60^{ω} environ. Certains fils sont communs dans une partie de leur parcours, comme les prises de pile, les fils de retour, les liaisons à l'appareil récepteur : ils sont représentés en traits plus gros sur le schéma.

Il y a 16 cordons par téléphoniste ou par groupe de 100 abonnés, mais il est évident qu'une téléphoniste peut, dans le besoin, emprunter des cordons aux deux groupes voisins.

Les 16 indicateurs de fin de conversation sont rangés sur une même ligne horizontale, immédiatement au-dessous des annonciateurs particuliers.

Leurs voyants portent, non des chiffres, mais des lettres de l'alphabet qui sont d'ailleurs reproduites sur les clefs d'écoute correspondantes.

Les cordons, logés dans la partie inférieure du meuble, y rentrent automatiquement, après le service, à l'aide de contrepoids et de poulies de renvoi. Ils peuvent être aisément remplacés, car leurs extrémités pénètrent par serrage seulement dans de petits fourreaux de cuivre formant ressorts, et disposés par deux rangées sur une planchette en bois, où elles se relient à des communications fixes.

Une autre planchette en bois sert de lieu d'attache entre les fils qui sortent des clefs et les autres communications fixes qui les unissent soit à la planchette des cordons, soit aux autres organes; elle permet de détacher les clefs, si besoin est. Les deux planchettes sont disposées dans le meuble, mais de manière qu'on puisse atteindre assez aisément, sur chacune d'elles, la face où s'attachent les communications mobiles.

Les trois clefs affectées à une paire de cordons (*fig.* 7) sont réunies sur le même bâti; on ne compte pas moins de 13 fils qui en sortent, savoir :

2 fils donnant les pôles de la pile d'appel,
4 fils de ligne dont deux par côté de cordon,
2 fils allant à l'indicateur de fin de conversation,



2 fils allant à l'écouteur,
1 fil relié à l'armature de l'électro-aimant d'essai,
1 fil relié à l'électro-aimant d'effacement de l'indicateur de fin de conversation,
1 fil relié au pôle + de la batterie d'effacement.

La pile d'appel est distribuée dans le meuble par deux circuits distincts qui alimentent chacun la moitié des clefs d'un groupe. Une résistance auxiliaire de 50^{ω} environ est placée sur chaque dérivation pour empêcher tout débit exagéré de la pile en cas de perte en ligne, ou même de ligne très courte.

La pile d'effacement est distribuée par trois fils de 3 millimètres et 4 millimètres; un fil de 3 millimètres donne 8^{v}, l'autre 16^{v}, et le fil de 4 millimètres sert de retour commun. Devant chaque table se font trois dérivations qui traversent un coupe circuit.

Les dérivations d'appel et d'effacement viennent aux planchettes dont il a été parlé et s'y divisent sur les cordons, les clefs d'écoute et d'appel et les électro-aimants d'essai.

Les téléphonistes font usage d'un transmetteur à grenaille suspendu en avant du meuble et amovible comme tous ceux du même genre. Leur récepteur serre tête est du modèle Ader (n° 3). Un jeu de ces deux appareils peut être remis à chaque employée.

La description du meuble urbain serait complète si on avait parlé de sa liaison avec le meuble interurbain. Cette liaison est double : par des jacks de service d'abord qui servent aux employées urbaines à appeler une employée interurbaine et à faire inscrire les demandes des abonnés dès qu'elles se produisent, et ensuite par une table supplémentaire au meuble urbain

dite table intermédiaire, où les employées interurbaines se font donner les divers abonnés, lorsque leur tour de communiquer est venu. Il en sera question après la description du meuble interurbain.

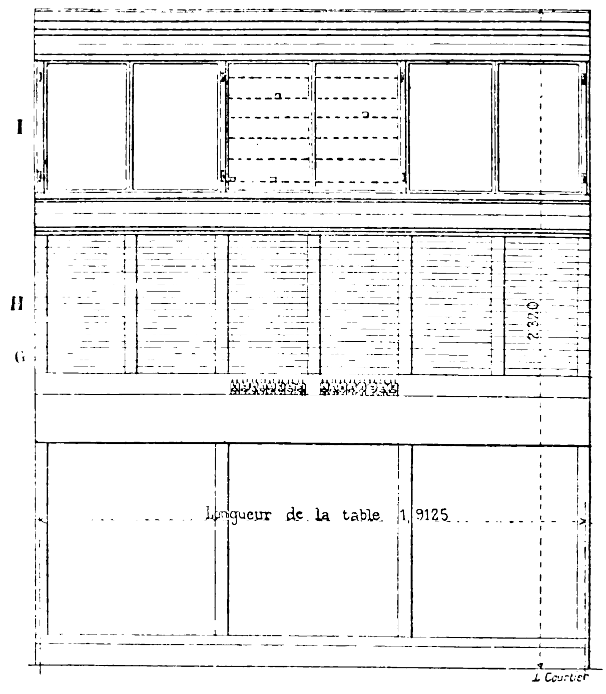


Fig 9. — Vue en élévation d'une table du meuble urbain.

G Rangée des jacks particuliers.
H Rangées des jacks généraux.
I Rangées des annonciateurs.

Pour résumer les explications données sur le meuble urbain, il paraît utile de suivre les opérations que nécessite l'établissement d'une communication. Sous l'appel d'un abonné, le voyant d'un annonciateur particulier apparaît; la téléphoniste enfonce une fiche

noire dans le jack particulier correspondant, répond à l'appel, s'il y a lieu, en appuyant sur la clef noire, et abaisse sa clef d'écoute. Après avoir reçu la demande, elle saisit la fiche rouge du même cordon, approche son extrémité du massif du jack général du demandé, et si elle ne perçoit aucun toc dans son récepteur,

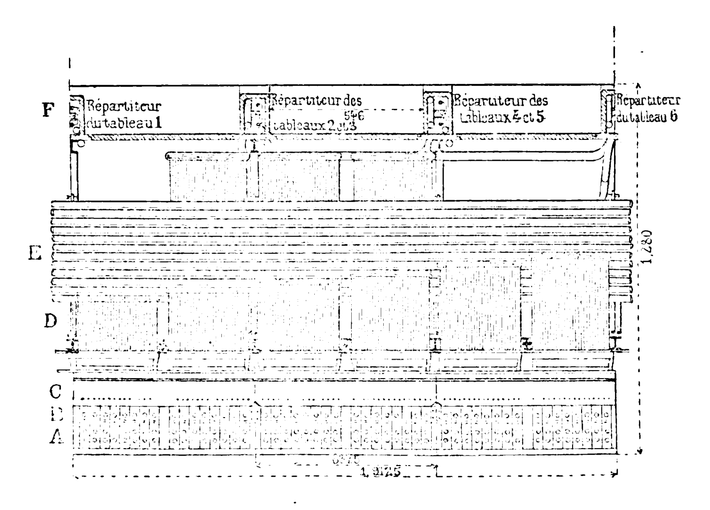


Fig. 9. — Vue en plan d'une table du meuble urbain.

A Rangées des clefs d'appel.
B Rangées des clefs d'écoute.
C Rangées des fiches.
D Peignes de fils allant aux réglettes de jacks.
E Câbles à 50 triples fils.
F Répartiteur intermédiaire.

enfonce cette fiche complètement, appuie sur la clef rouge d'appel, et, dès que le demandé se présente, l'invite à communiquer. La téléphoniste relève sa clef d'écoute, et, ce faisant, replace dans le circuit l'indicateur de fin de conversation.

Par l'introduction de la fiche noire, les jacks du demandeur ont été reliés au pôle positif de la batterie

d'essai, et son indicateur d'appel a eu son voyant effacé, en même temps que sa bobine a été exclue du circuit de ligne.

L'abaissement de la clef d'écoute a eu pour premier effet de placer en dérivation l'écouteur et d'effacer ou au moins de bloquer l'annonciateur de fin de conversation.

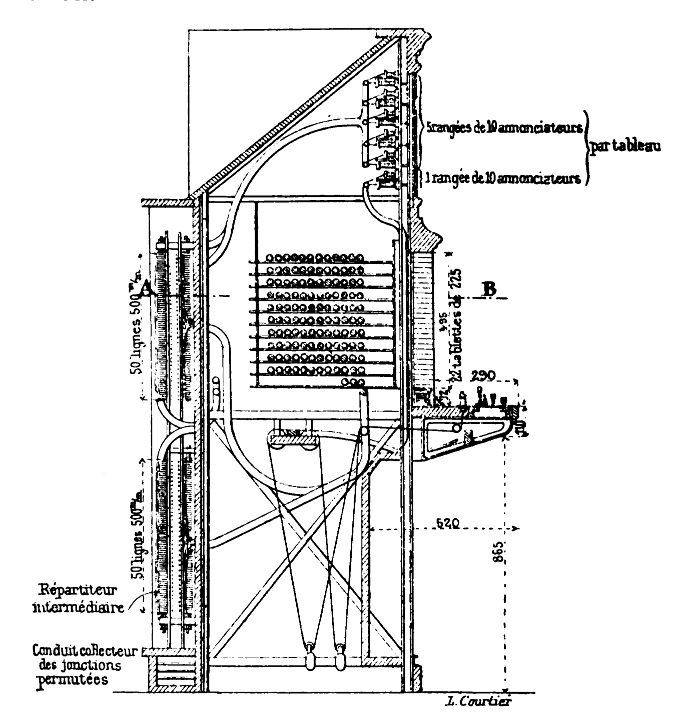


Fig. 9 *bis*. — Coupe transversale d'une table du meuble urbain.

La manœuvre de la fiche rouge assure d'abord l'épreuve de la ligne.

Après son enfoncement, elle détermine le fonctionnement de l'électro-aimant commutateur et la substi-

tution sur le circuit du cordon de l'enroulement de l'écouteur à celui de l'épreuve; puis, le retranchement de l'indicateur particulier du demandé, et, enfin, la distribution du pôle positif d'essai sur tous les jacks de ce dernier. En relevant la clef d'écoute, on dispose l'indicateur de 600$^{\omega}$ pour la fin de la conversation.

La *fig.* 9 reproduit les dispositions d'ensemble d'une table du meuble urbain.

II. Meuble interurbain.

Ce meuble comprend dix tables semblables dont chacune est disposée pour recevoir cinq lignes.

On peut encore y distinguer :

1° Les jacks d'arrivée des lignes, où se font les liaisons directes ou par transformation, et les annonciateurs qui, au moyen d'un double enroulement, servent à la fois de transformateurs et d'annonciateurs sans l'intermédiaire de relai ou autre appareil (*);

2° Les liaisons des groupes entre eux à l'aide d'un système de conjoncteurs analogue à celui qu'on établit entre des tableaux où les lignes ne sont pas multiplées;

3° Les liaisons avec le meuble urbain soit par la table intermédiaire, soit par les tables ordinaires;

4° Les organes qui servent à établir les communications sur la table interurbaine, tels que cordons, clefs d'appel et d'écoute, indicateur de fin de conversation, etc. Ces organes sont d'ailleurs semblables à ceux du meuble urbain, et il sera inutile de les décrire.

(*) C'est le dispositif proposé par M. l'ingénieur Cailho en 1893, et adopté par l'administration depuis 1894.

1° Jacks et annonciateurs des lignes.

Il y a six groupes de jacks et d'annonciateurs par table; cinq d'entre eux sont rattachés aux lignes interurbaines, et le dernier dessert une communication de service avec le meuble urbain.

Le jack est double. Le jack supérieur donne la communication métallique avec la ligne à laquelle il est rattaché; il est à rupture. Le jack inférieur est utilisé pour la liaison par transformation et relié, de ce fait, à l'un des circuits de l'annonciateur.

Cet annonciateur est, en effet, à double enroulement; le second circuit est rattaché au jack à rupture. Le volet de cet annonciateur se relève à la main (*fig.* 10).

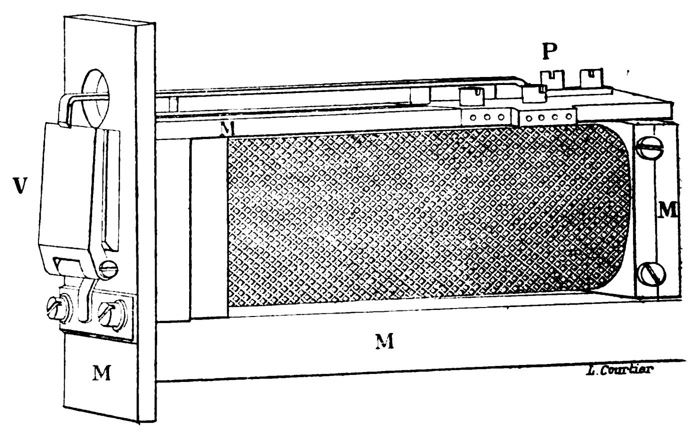


Fig. 10. — Annonciateur transformateur.

V Volet.
P Armature avec son doigt d'arrêt pour le volet.
M Massif de l'électro-aimant fermant le circuit magnétique.

Le jack à rupture est formé de cinq lames-ressorts. On y retrouve les trois lames déjà vues dans le jack

ordinaire pour le circuit de ligne et pour le fil d'essai, et, en plus, deux autres lames intérieures qui se rattachent à l'enroulement d'appel de l'annonciateur et l'unissent au circuit de ligne (*fig.* 10 *bis*).

En enfonçant une fiche dans un tel jack, les lames extérieures sont écartées et l'enroulement d'appel est retranché du circuit.

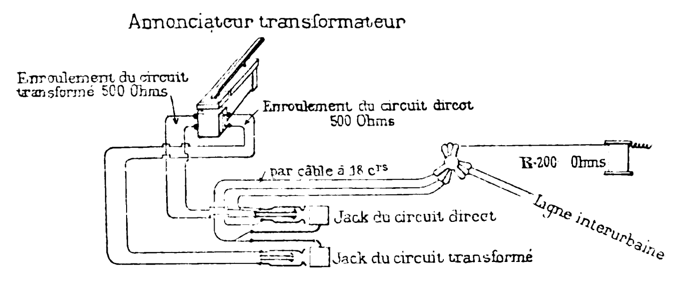


Fig. 10 *bis*. — Schéma d'un circuit interurbain à son arrivée sur une table. La perspective de l'annonciateur est prise à l'opposé de celle de la *fig.* 10.

En faisant usage, au contraire, du jack de transformation, l'enroulement d'appel reste dans le circuit de ligne.

2° Liaisons des tables interurbaines entre elles.

Il faut distinguer les liaisons pour relier deux lignes quelconques entre elles, et celles qui permettent les rapports de service d'une table à l'autre.

Lignes auxiliaires. — Cinquante lignes auxiliaires courent de table en table pour les liaisons des circuits interurbains. Elles sont établies à la manière des conjoncteurs qui servent à relier des tableaux séparés. On peut dire qu'elles sont multiplées sur les tables sans

être rattachées toutefois à aucun autre organe que les jacks de liaison (*fig.* 11).

Cette disposition permet de laisser les circuits interurbains indépendants des lignes auxiliaires, mais elle nécessite l'intervention de deux téléphonistes pour relier deux circuits aboutissant à des tables différentes.

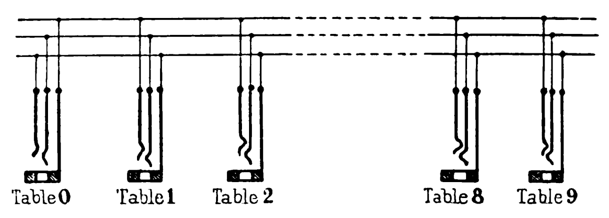


Fig. 11. — Jacks conjoncteurs entre les tables interurbaines.

La même nécessité existe, du reste, pour relier une ligne d'abonné à un circuit interurbain, et il convient d'ajouter que le petit nombre des circuits interurbains, desservis par une téléphoniste, n'exige nullement les simplifications que l'on recherche sur les meubles d'abonnés.

Comme les cinquante lignes auxiliaires sont à la disposition commune, il est nécessaire qu'on puisse reconnaître si une de ces lignes est déjà occupée ; un circuit d'essai est donc établi, comme celui qui a été étudié dans le meuble urbain, par le massif des jacks auxiliaires, les cordons et le récepteur, et le câble de jonction des jacks est à séries de trois fils.

Lignes de service. — Les relations de service entre les tables interurbaines sont assurées par cette disposition, que la téléphoniste d'une table a son récepteur relié, d'une manière fixe, à un circuit qui est multiplé sur chacune des autres tables.

Lorsqu'une téléphoniste de ces dernières tables veut entrer en rapport avec la première, elle rattache son propre récepteur audit circuit, en abaissant une clef à sa portée, qui porte le numéro de la table avec laquelle la communication de service est établie (*fig.* 12). Les conversations des téléphonistes s'échangent ainsi sans appel, car le récepteur est toujours conservé à l'oreille.

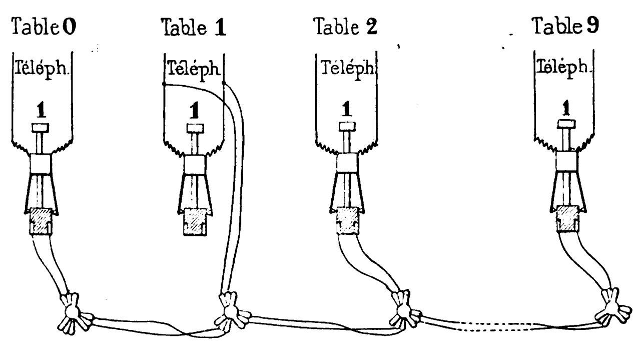


Fig. 12. — Liaisons de service entre les tables interurbaines.
(Cas du circuit de la table n° 1.)

Les dix tables possèdent chacune un circuit semblable, multiplé de la même manière. Il en résulte que chaque table a neuf clefs spéciales, lui permettant de rattacher son récepteur à celui d'une des neuf autres tables.

3° Liaisons des tables interurbaines avec le meuble urbain.

Ici encore il faut distinguer les liaisons des lignes d'abonnés avec les lignes interurbaines, ou *liaisons de renvoi*, et les communications qui servent aux échanges de service entre les meubles urbain et interurbain.

Liaisons de renvoi. — Les liaisons de renvoi s'effectuent au moyen de cent lignes auxiliaires établies entre les meubles. Sur le meuble des abonnés, ces lignes aboutissent à une table supplémentaire, appelée aussi table intermédiaire, où sont répétés tous les jacks des abonnés, mais sans annonciateurs, car cette table, par le fait qu'elle est supplémentaire, n'a aucune demande à recevoir des abonnés ni aucune communication à établir entre eux. Les lignes de renvoi s'y terminent chacune à une fiche ordinaire, destinée à être enfoncée dans les jacks d'abonnés. Tous les jacks de cette table sont à rupture, et c'est sur eux que s'attachent les lignes extérieures des abonnés, de telle sorte qu'en unissant une de ces lignes à une ligne de renvoi, cette ligne d'abonné se trouve coupée de tout le reste du meuble urbain (*fig.* 13).

Les lignes de renvoi se répartissent à leur tour également sur les dix tables interurbaines, et s'y terminent à un jack ordinaire ou jack de renvoi.

Il résulte de ces dispositions que la ligne d'abonné est d'abord renvoyée à la table interurbaine au moyen d'une ligne auxiliaire, puis réunie à la ligne interurbaine par un des cordons de la table interurbaine. La téléphoniste interurbaine peut s'assurer que l'employée intermédiaire a bien utilisé la ligne de renvoi qu'elle lui a désignée, car au circuit de renvoi est joint le troisième fil auxiliaire que nous avons déjà trouvé dans les câbles et les cordons du multiple et qu'on relie au pôle + de la batterie de 16 volts à travers un électro-aimant appelé contrôleur optique. Le voyant de ce contrôleur, placé au-dessous du jack correspondant à la ligne de renvoi, se soulève dès que l'employée intermédiaire unit à un jack d'abonné cette ligne de

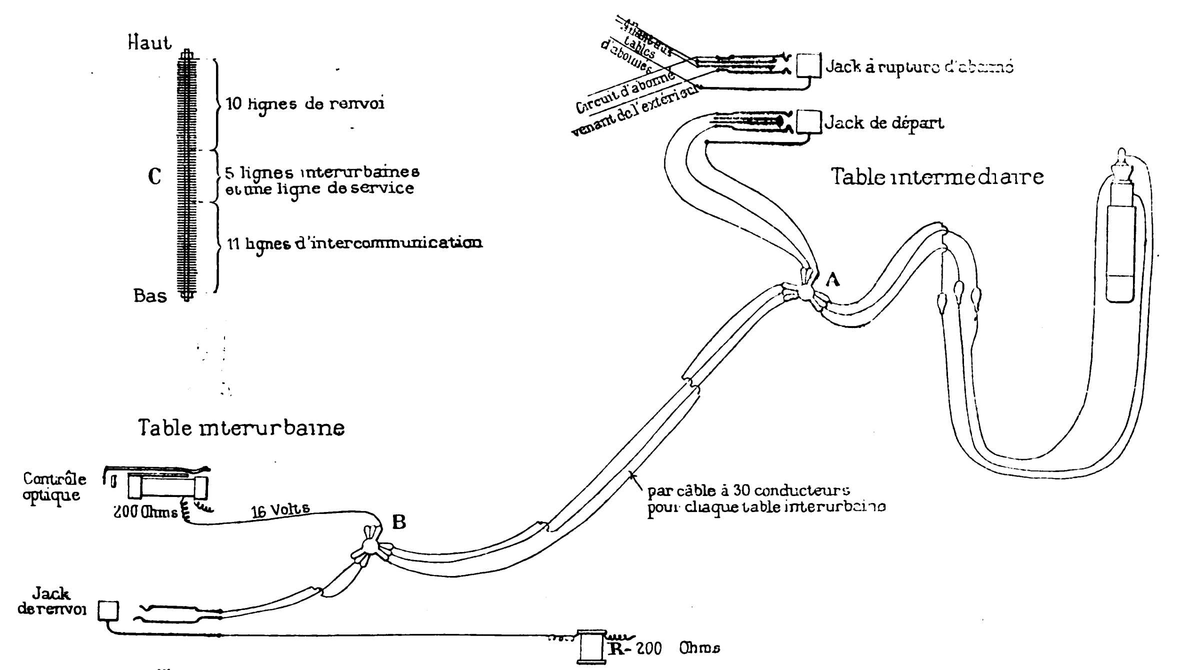


Fig 13. — Schéma d'une ligne de renvoi du meuble interurbain à la table intermédiaire du meuble urbain.

A B. Étoiles d'attache des fils. — C, Colonnette d'une table interurbaine contenant les diverses étoiles d'attache des fils de cette table.

renvoi, et laisse apparaître un numéro d'ordre, car le circuit auxiliaire se ferme alors par le massif du jack de l'abonné et par son annonciateur particulier (électro-aimant d'effacement). On peut voir aussi que, par la même manœuvre, le pôle de la pile d'essai est relié au massif de tous les jacks de l'abonné, et qu'il les rend indisponibles.

Toute ligne de renvoi est également, sur la table intermédiaire, reliée à un jack ordinaire qui permet à l'employé d'y introduire sa fiche d'écoute et de contrôler son propre travail. Ces jacks paraissent rendre superflues les fiches et cordons terminaux des lignes de renvoi. Dans tous les cas, ils permettent de parer aux défauts de ces espèces de fiches et cordons *monocordes*.

Liaisons de service. — Les liaisons de service entre les deux meubles sont de deux sortes. Elles sont établies, d'ailleurs, suivant ce principe que les rapports ne sont pas réciproques, mais que les échanges de service s'effectuent seulement sur l'initiative du meuble urbain pour l'inscription des demandes des abonnés du réseau, et sur celle des tables interurbaines pour l'exécution même des demandes, quelque soit leur provenance, réseau intérieur ou extérieur.

Pour les communications de la première espèce, chaque table interurbaine dispose d'une ligne de service avec annonciateur et jack ordinaire de prise, rangés à la gauche des organes similaires affectés aux circuits interurbains (*fig.* 14).

Ces lignes, au nombre de dix comme les tables interurbaines, vont au meuble urbain où elles sont multi-

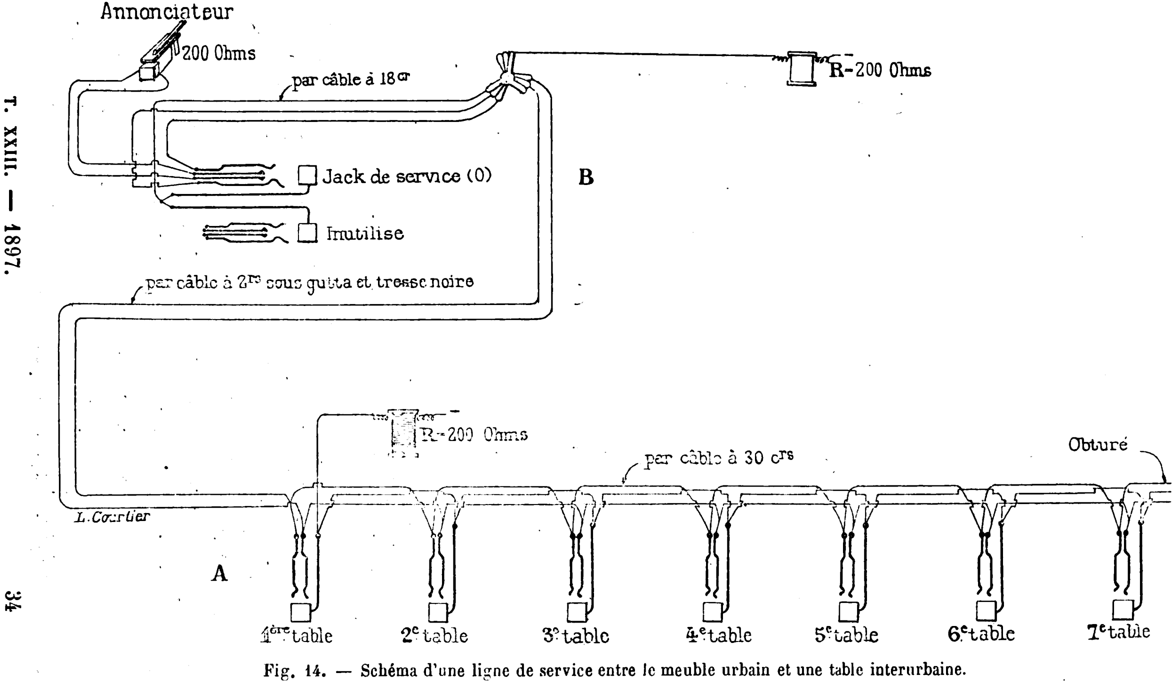


Fig. 14. — Schéma d'une ligne de service entre le meuble urbain et une table interurbaine.
A, Jacks de service du meuble urbain. — B, Dispositifs de la table interurbaine.

plées comme des lignes d'abonnés. Toutefois, elles n'aboutissent qu'à des jacks et non pas à des annonciateurs, car, comme nous l'avons dit, les appels ne se produisent que du meuble urbain à l'interurbain. Les jacks de service sont placés sur les tables d'abonnés, entre les jacks particuliers et les jacks généraux sur une rangée qui n'est d'ailleurs que partiellement utilisée, puisqu'il n'y a que dix de ces jacks par table.

Le poste de service de la table interurbaine est tenu par une téléphoniste adjointe, qui inscrit les demandes dans l'ordre où elles se produisent et indique les numéros d'ordre.

Les communications de service avec la table intermédiaire ont lieu comme celles des tables interurbaines entre elles. Une dérivation prise sur le circuit du récepteur de l'intermédiaire aboutit aux tables interurbaines où il suffit à la téléphoniste d'appuyer sur sa clef (*in*) pour mettre dans ce circuit son propre récepteur. L'employée intermédiaire garde son récepteur à l'oreille, et il n'y a aucune disposition d'appel (*fig.* 14 *bis*).

Les dix téléphonistes interurbaines peuvent s'adresser aux trois employées de la table intermédiaire, et elles forment, à cet effet, un groupe de quatre et deux groupes de trois tables. Mais il convient, lorsque le service n'a pas toute son intensité, de pouvoir ne garder à la table intermédiaire qu'une ou deux téléphonistes. Les dérivations prises sur les trois récepteurs de la table intermédiaire sont conduites à quatre commutateurs doubles à deux directions, qui reçoivent, d'autre part, quatre lignes venant des tables interurbaines (*fig.* 14). Les quatre commutateurs forment

trois groupes, qu'on peut manœuvrer ensemble ou séparément, pour conserver à l'intermédiaire une ou deux ou trois téléphonistes.

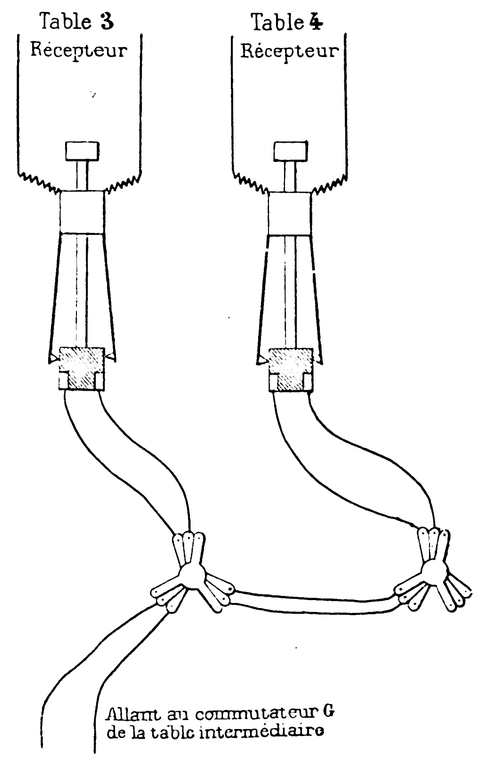


Fig. 14 *bis*. — Clefs *in* des tables interurbaines 3 et 4.
(Liaisons de service de ces tables avec l'intermédiaire.)

Toutes les communications extérieures à une table interurbaine viennent s'attacher aux branches d'une colonnette d'étoiles semblables à celles qui ont déjà été étudiées dans le répartiteur intermédiaire.

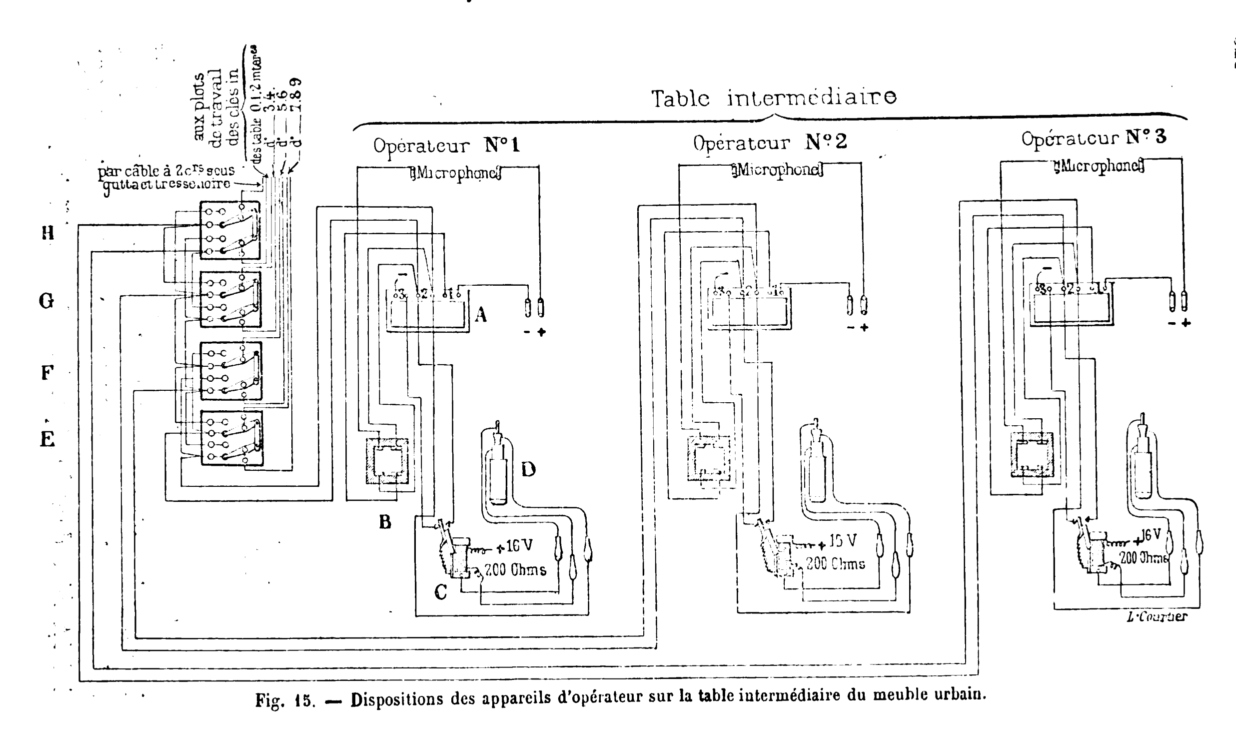


Fig. 15. — Dispositions des appareils d'opérateur sur la table intermédiaire du meuble urbain.

Légende.

A Bobine d'induction à trois circuits.
B Mâchoire pour le récepteur.
C Relai d'essai.
D Fiche d'essai et d'écoute.
E F G H Commutateurs doubles à deux directions permettant de grouper les diverses tables interurbaines sur les appareils d'un, de deux ou de trois opérateurs intermédiaires.

La *fig.* 13 représente cette colonnette où l'on trouve :

1° Les dix lignes de renvoi de cette table à l'intermédiaire ;

2° Les cinq linges interurbaines et la ligne de service avec la table d'abonnés ;

3° Onze lignes d'intercommunication entre les tables interurbaines et intermédiaire.

Quant aux communications de table à table par conjoncteurs, un câble à cinquante triples fils va directement d'une réglette de jacks à l'autre.

4° Organes auxiliaires pour établir les communications.

Il y a par table interurbaine dix cordons avec clefs d'appel et d'écoute, électro-aimants d'essai, et indicateurs de fin de conversation. Ces organes sont semblables à ceux qui ont déjà été étudiés, et il n'y a plus lieu d'en parler.

Il faut cependant remarquer que les communications auxiliaires d'essai et d'effacement ont perdu de leur importance, et que leur emploi est nécessaire seulement sur les jacks conjoncteurs des tables, en ce qui concerne l'essai, et sur les indicateurs de fin de conversation, en ce qui concerne l'effacement.

La similitude des cordons, jacks, etc., avec les organes correspondants du meuble urbain, conduit à plusieurs inutilités ; des résistances de 200 ohms rem-

placent sans intérêt, dans les circuits auxiliaires, les électro-aimants d'effacement du meuble urbain ; mais il est facile de couper les circuits inutiles.

Le petit nombre d'organes, jacks, annonciateurs, etc., que contient une table permet d'en réduire beaucoup les dimensions (*fig.* 16). Les cordons n'ont plus la lon-

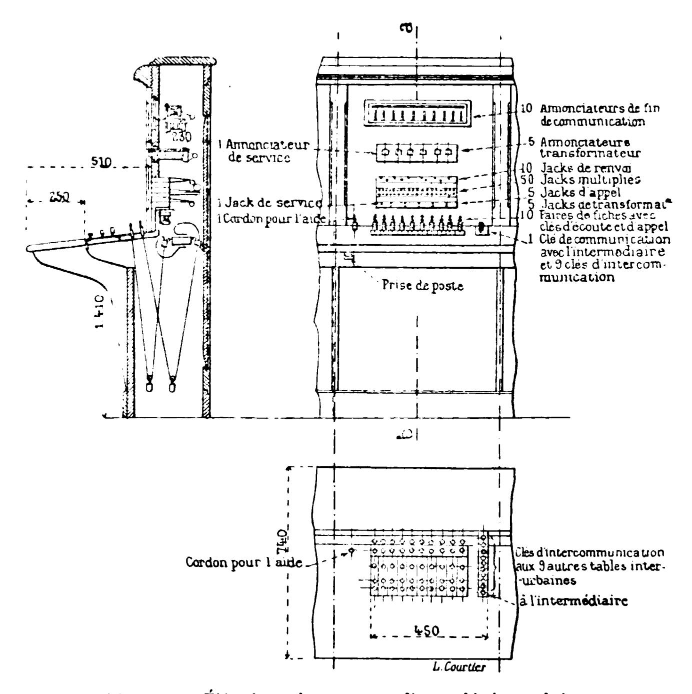


Fig. 16. — Élévation, plan et coupe d'une table interurbaine.

gueur de ceux du meuble urbain et les tables n'ont pas besoin d'être aussi élevées. A côté d'une table est celle de l'aide, entièrement libre pour permettre la tenue des procès-verbaux.

Le poste d'une employée de la table intermédiaire comprend un transmetteur et un récepteur sans clefs

d'appel ni d'écoute. Nous avons vu la dérivation prise sur son récepteur pour les communications de service avec les tables interurbaines. Ce récepteur est aussi rattaché à un cordon, dont la fiche sert à l'épreuve d'une ligne d'abonné, avant de relier celle-ci à une ligne de renvoi, et au contrôle du travail, lorsqu'elle est placée dans le jack supplémentaire particulier à la ligne de renvoi utilisée.

On peut résumer, après cette description, les opérations relatives aux communications interurbaines.

S'agit-il de relier deux lignes interurbaines : ou ces lignes sont sur la même table et la téléphoniste en effectue la liaison à l'aide d'un de ses cordons, ou ces lignes aboutissent à des tables différentes. Dans ce dernier cas, une téléphoniste unit sa ligne interurbaine à l'un des jacks conjoncteurs, et, appuyant sur la clef d'intercommunication relative à la table de l'autre ligne, indique à sa collègue sa demande et la ligne de renvoi à prendre. Avant de choisir cette ligne de renvoi, elle s'est assurée, à l'aide du cordon à fiche rouge, qu'elle est bien libre et elle la rend indisponible par l'enfoncement de la fiche. Pendant la conversation, il y a deux indicateurs de fin de conversation dans le circuit. Il serait désirable de n'en avoir qu'un seul, et de disposer les cordons avec et sans indicateur. S'agit-il au contraire de relier une ligne interurbaine à une ligne d'abonné, la téléphoniste interurbaine unit la première à une de ses lignes de renvoi à l'intermédiaire, et indique à cette employée, en appuyant sur sa clef (*in*), le numéro de l'abonné à relier et la ligne de renvoi à prendre. Elle voit, par l'indicateur optique, si la ligne de renvoi utilisée par l'intermédiaire est bien celle qui

lui a été indiquée, et, en appelant l'abonné, elle s'assure qu'il n'y a pas d'autre erreur. Un seul indicateur de fin de conversation reste en dérivation pendant la communication.

Dans le cas où la ligne de l'abonné causerait des troubles dans la communication, l'employée interurbaine peut établir celle-ci par le jack de transformation au lieu du jack direct. Lorsque la conversation est terminée, elle avertit l'employée intermédiaire de retirer sa fiche de renvoi du jack de l'abonné.

Dans les opérations précédentes, le courant d'essai agit sur l'indicateur optique et sur l'annonciateur particulier de l'abonné; il retire cet annonciateur du circuit et rend indisponibles tous les jacks correspondants.

Imperfections. — On pourrait critiquer, dans l'aspect du meuble urbain, la couleur noire des organes, et principalement des annonciateurs. Il en résulte, en effet, des défauts dans l'éclairement et une fatigue pour l'œil. Des vitres verticales, placées devant les annonciateurs, donnent aussi une réverbération gênante produite par l'éclairement du plafond. L'ensemble des organes est d'une exécution plutôt industrielle que bien soignée. Aussi beaucoup de défauts ont-ils apparu dans les annonciateurs d'abonnés, où le réglage des armatures a été fréquent et n'est pas encore sûr, et où l'imperfection du contact de rupture vient encore ajouter aux difficultés de réception des appels.

Des interruptions se sont produites et se produisent encore au contact des jacks à rupture de la table intermédiaire.

Les cordons de liaison ont donné d'assez graves

ennuis par le mélange du fil de batterie avec les fils de circuit. Il en est résulté des mélanges de conversations très gênants, qu'on attribuait à tort à l'usage de l'accumulateur microphonique.

D'autres imperfections ont été trouvées dans les soudures de fils voisins mêlés entre eux ou avec le bâti en fer, et dans les circuits auxiliaires de pile. Il serait préférable de substituer des brides aux cavaliers pour fixer les fils. Dans la manœuvre des clefs, les ressorts-lames de contact entrainent de la poussière de cuivre sur l'ébonite qui sépare les plots, et parvient parfois à les réunir électriquement.

Disposition d'ensemble. — La *fig.* 17 représente la disposition d'ensemble des meubles dans la salle; ils

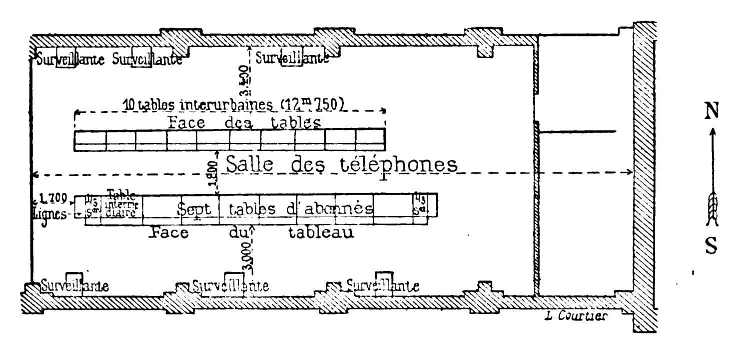


Fig. 17. — Dispositions d'ensemble des meubles urbain et interurbain.

sont adossés avec un passage central pour la visite et l'entretien. Le jour pénètre par les deux faces du bâtiment.

Chaque meuble est fermé pour diminuer l'introduction des poussières.

Sur les côtés de la salle sont six tables de surveillantes. Celles-ci peuvent voir et écouter les télépho-

nistes de leurs groupes. L'audition est obtenue au moyen d'un circuit, qui est branché sur celui du récepteur de la téléphoniste, aux bornes de sa bobine d'induction; et qui vient à un jack ordinaire sur la table de la surveillante. Il y a, par suite, sur cette table autant de jacks que de téléphonistes à surveiller (dix), et il suffit à la surveillante d'y greffer son propre récepteur pour exercer son contrôle. Une ligne spéciale, avec clef d'appel, lui permet, en outre, d'entrer en relation avec le réseau.

III. — DISPOSITIONS ACCESSOIRES.

Éclairage. — L'éclairage est obtenu pendant la nuit au moyen de lampes à arc renversé. Ces lampes, au nombre de quatre, ont une intensité de 13 ampères, et sont groupées deux à deux sur un circuit à 110 volts. La salle a 200 mètres carrés environ; son éclairage est satisfaisant. Lorsqu'on arrête les machines dynamos, à minuit, on prend le courant d'éclairage sur des accumulateurs, et on fait exclusivement usage de 10 lampes à incandescence de 16 bougies. Il y a une de ces lampes par table d'abonné sur le meuble urbain; elles sont réparties alternativement sur deux circuits indépendants, dont un seul est utilisé pendant les heures de travail à peu près nul. On fait usage, en outre, de quelques lampes mobiles, dont les prises de courant sont réparties le long du meuble urbain, pour visiter avec moins de danger l'intérieur du meuble.

Câbles de ligne. — Les lignes d'abonnés arrivent au meuble urbain par des câbles sous plomb à 26 paires

de conducteurs. Chaque conducteur est un fil de cuivre de $0^{mm},6$ environ de diamètre, qui est isolé par deux couches de soie et deux couches de coton. On peut régénérer l'isolement par l'insufflation d'air sec. Quatre de ces câbles correspondent à un groupe de 100 abonnés ; les paires supplémentaires de conducteurs sont disponibles. Au sous-sol, ils s'unissent aux lignes extérieures par le répartiteur général. On sait que le but de cet organe est de maintenir aux abonnés le numéro du tableau multiple qui leur a été attribué, malgré les changements qui peuvent être apportés à la ligne extérieure, notamment s'il y a changement de domicile.

La disposition du répartiteur de Lyon est celle de beaucoup d'autres bureaux. Un bâti en fer reçoit, sur une de ses faces, des réglettes horizontales de bornes à 50 circuits, où s'attachent des câbles sous plomb à 25 paires utiles, et, sur l'autre face, des réglettes verticales de bornes à 56 circuits, où aboutissent les câbles extérieurs à 56 paires de conducteurs.

Les réglettes de bornes ont été fabriquées par la maison Postel-Vinay. Elles tiennent fort peu de place, puisque la réglette à 50 circuits, par exemple, a une longueur de $0^{m},50$ et une largeur de $0^{m},06$. Chaque plot a deux vis ou écrous d'attache recevant les deux fils à unir (*fig.* 18). Il est fixé à la planchette d'ébonite par sa tige A au moyen de la broche B ; et la vis C, pénétrant peu à peu par le serrage dans la planchette, achève la fixité du plot qui, on le voit, a l'avantage de ne reposer que par deux points sur cette planchette.

Les liaisons entre les deux faces du répartiteur ont été effectuées avec des fils isolés à la gutta-percha, du modèle des câbles téléphoniques de ligne, afin d'éviter

les mélanges qui peuvent être causés par l'humidité dans les câbles paraffinés.

En quittant le répartiteur, les câbles de ligne à 56 paires sont épanouis sur un mur, de manière à faciliter l'insufflation d'air sec dans chacun d'eux. Ils gagnent ensuite l'égout par une galerie spéciale de 2^{m},10 de hauteur.

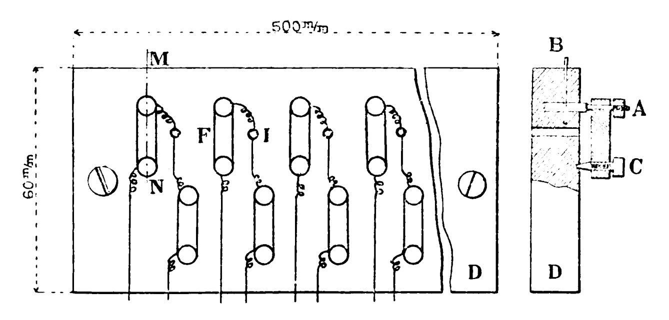


Fig. 18. — Réglette de bornes du répartiteur général.
(Longueur, 0^{m},500 pour 50 circuits.)

D Bande d'ébonite.
F Plot d'attache.
A B C Détails d'un plot d'attache.
I Passage des fils à travers la bande d'ébonite.

Pour éviter l'introduction dans le sous-sol de l'humidité, des odeurs et de la vermine de l'égout, chaque câble sort par un orifice spécial, ouvert dans une tôle, et qu'on peut boucher entièrement. L'accès dans la galerie a lieu par le dehors au moyen d'un regard ordinaire.

Les lignes interurbaines entrent au bureau par des câbles isolés au papier, à 7 paires de conducteurs de 2^{mm},5. Elles aboutissent directement au premier étage sur un tableau de paratonnerres à fil préservateur, car les paratonnerres à pointes sont placés à la jonction même des câbles avec les fils aériens. Le

paratonnerre à fil préservateur a aussi un commutateur à trois directions, dirigeant la ligne soit au meuble interurbain, soit à un morse de rentrée et de coupure, soit à un appareil de mesure.

Dessécheur. — Le dessécheur de l'air est au chlorure de calcium ; il comprend une série de 5 tubes en fer de $0^m,200$ de diamètre et $1^m,20$ de longueur.

Le compresseur est une pompe Westinghouse dont le débit est de 29 mètres cubes à l'heure, avec une vitesse de 100 coups par minute. Un régulateur automatique permet de régler la pression à une valeur choisie entre 1 et 6 kilogrammes, 3 kilogrammes par exemple. La pompe se ralentit et s'arrête, dès que la pression choisie est atteinte, et reprend sa marche, lorsque cette pression vient à baisser. Une tuyauterie en fer distribue devant les câbles l'air à sa sortie du dessécheur.

Accumulateurs. — Tout le courant, nécessaire aux appels, aux effacements et aux microphones, est fourni par des batteries d'accumulateurs Tudor. Les batteries d'appel et d'effacement ont des éléments d'une capacité de 75 ampères-heures, comme les batteries télégraphiques déjà existantes ; les éléments microphoniques ont une capacité de 300 ampères-heures, type de la batterie d'éclairage.

Il y a deux batteries pour l'effacement des annonciateurs : l'une de 4 éléments (8 volts) pour les cordons noirs et les indicateurs de fin de conversation, l'autre de 8 éléments (16 volts) pour les cordons rouges. La distribution se fait dans le meuble par 3 fils de cuivre, dont l'un de 4 millimètres sert de retour commun aux

deux batteries, et dont les deux autres de 3 millimètres donnent les tensions de 8 volts et de 16 volts. Devant chaque table, partent de ces fils des dérivations qui traversent un coupe circuit et se relient aux cordons, clef d'écoute, etc.

Deux autres batteries semblables leur servent de rechange. Un commutateur à deux directions facilite la substitution, et en retirant un groupe du service le dispose pour la charge. Celle-ci s'effectue avec une dynamo de 55 volts, en réunissant en série les 12 éléments du groupe disponible. Une résistance complémentaire permet le réglage de l'intensité du courant de charge. Un groupe assure actuellement le service pendant quatre jours.

Le courant d'appel fut d'abord pris sur les batteries télégraphiques qui ont un pôle à la terre, mais une prise de 24 volts a été trouvée insuffisante tant à cause de l'imperfection des sonneries admises dans le réseau que de l'isolement plus ou moins parfait des lignes.

Son débit reste peu important et on a pu prendre, sans inconvénient jusqu'ici, un voltage de 30 volts sur une batterie d'éclairage, qui n'a aucun pôle à la terre.

La distribution du courant d'appel dans les meubles se fait par deux circuits distincts, dont chacun alimente la moitié des clefs de chaque groupe. A l'exception de deux coupe circuits généraux aux prises mêmes des deux circuits, il n'y en a aucun autre dans les meubles, mais une résistance auxiliaire de 50 ohms, introduite sur chaque branchement, empêche que le débit d'une ligne ne dépasse 0^{amp},300 lorsqu'elle est très courte, et 0^{amp},600 lorsqu'elle est affectée d'une perte.

Les éléments microphoniques sont au nombre de

trois, mais ils sont utilisés individuellement : l'un assure le service, tandis qu'un autre est en charge et le dernier prêt à servir. La durée de service d'un élément est de huit jours avec une trentaine de postes. La distribution du courant s'opère le plus près possible des bornes de l'élément, en autant de circuits distincts qu'il y a de microphones. Cette disposition tend à éviter les mélanges de conversations, tandis que pour écarter toute crainte de débit exagéré, une planchette de fils fusibles est placée à l'origine des circuits distincts. Des câbles sous papier à 21 paires de conducteurs de 2 millimètres, constituent les circuits microphoniques entre le sous-sol et le premier étage. Une deuxième série de fils fusibles, un peu plus fins que ceux du sous-sol, est placé au premier étage, afin de les avoir seuls à remplacer en cas de dérangements dans les postes microphoniques. L'élément microphonique reçoit sa charge en même temps qu'une batterie d'éclairage où il est greffé par le jeu d'un commutateur.

Les abonnés de Lyon ont pu constater les avantages des nouveaux tableaux multiples dès que les premières imperfections d'installation ont pu être corrigées et que le personnel d'exploitation a acquis l'habileté nécessaire. Les tables urbaines, prévues chacune pour 100 abonnés, ont reçu au début 80 de ces abonnés, mais il semble certain qu'on pourra, à Lyon, augmenter ce nombre jusqu'à la capacité totale des tables.

MAUREAU.



SUR UN MODE D'ACCOUPLEMENT

DES POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES

Lorsque, à la suite du développement du réseau télégraphique, on a cherché à augmenter le nombre des fils portés par chaque poteau, la solution qui a prévalu en France consiste à disposer les fils deux par deux sur une même rangée horizontale de part et d'autre de chaque poteau.

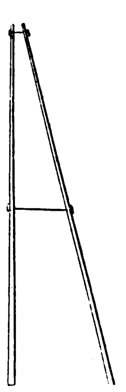
Les isolateurs, qui portent ces fils, sont alternativement sur console longue et sur console courte (*fig.* 1).

Mais cet armement des appuis n'était pas compatible avec l'ancien accouplement des jambes de force aux points d'angle. Il n'était plus possible, en effet, sans modifier la position des isolateurs, de boulonner ni d'entretoiser avec le poteau une jambe de force inclinée, les têtes des deux arbres étant réunies comme l'indique la *fig.* 2.

Fig. 1.

C'est en vue de tourner cette difficulté, c'est-à-dire de conserver un armement uniforme des poteaux et par suite un réglage correct des fils, que l'on a introduit l'usage de l'accouplement réalisé au moyen de l'entretoise dite en X. On peut définir cet

accouplement (voir *fig.* 3) en disant que c'est l'assemblage de la *fig.* 2 dans lequel les deux têtes auraient été convenablement écartées sans changer l'espacement primitif des deux pieds sur le terrain de plantation. On cherche à obtenir la rigidité de l'assemblage au moyen d'une entretoise droite, placée à mi-hauteur, et d'une entretoise en X fixée au sommet par quatre boulons et constituée avec des fers aussi résistants que possible.


Fig. 2.

Nous allons indiquer rapidement les critiques que l'on peut adresser à cet ensemble :

1° Tout d'abord on n'obtient pas, avec ce système, l'uniformité d'armement en vue duquel il a été imaginé. En effet, à cause de l'encombrement des attaches de l'entretoise en X, il a fallu modifier la forme des consoles des premiers isolateurs pour conserver aux fils le même écartement. Il en est résulté une certaine complication dans le matériel et dans la main-d'œuvre ;

2° Il a été impossible de galvaniser l'entretoise, comme on s'était proposé de le faire, parce qu'il a été impossible de décaper les deux fers au point de contact des deux branches de l'X ;

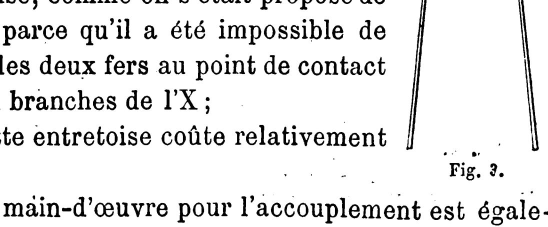


Fig. 3.

3° Cette entretoise coûte relativement cher ;

4° La main-d'œuvre pour l'accouplement est également dispendieuse et en outre pénible, parce que, l'assemblage devant être fait avant la plantation, il

faut ensuite redresser et planter d'une seule pièce les deux poteaux assemblés ;

5° L'assemblage lui-même est tout à fait précaire. On voit, en effet, que la figure *aobcd* n'est pas une figure géométrique indéformable et, par suite, que le solide qui l'enferme n'est pas à liaisons complètes. C'est un polygone qui ne demeurera sans déformation qu'autant que le permettra la résistance de la matière, ou la rivure du fer, en O.

Ces critiques ne paraissent pas devoir être adressées, au moins dans la même mesure, à l'assemblage qui va être décrit.

Supposons que nous conservions le même écartement des pieds des deux poteaux du couple de la *fig.* 3 ci-dessus, mais que nous en écartions les têtes jusqu'au parallélisme des deux axes, ou plus exactement jusqu'au parallélisme des faces en regard des deux poteaux.

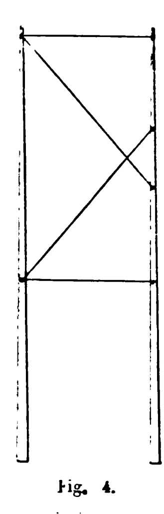


Fig. 4.

Nous pouvons obtenir la rigidité de l'ensemble en réalisant des figures géométriques indéformables, semblables à la *fig.* 4 ci-contre.

Dans ces conditions le nouveau couple, qui sur le terrain ne prendra pas plus de place que le couple de la *fig.* 3, sera plus résistant que celui-ci parce qu'il sera d'un volume sensiblement supérieur.

Il est facile de réaliser, au moyen d'entretoises droites, les plus simples, un contreventement de l'espèce indiquée sur la *fig.* 4.

La *fig.* 5 représente un accouplement de ce genre.

On voit que rien n'est plus facile que de disposer les deux entretoises inclinées de telle façon qu'elles ne gênent ni les isolateurs, ni les fils; la distance des fils les plus rapprochés de ces entretoises est au moins de 18 centimètres.

Les quatre entretoises, deux droites et deux inclinées, sont appliquées et boulonnées sur les deux faces, et alternativement de part et d'autre de chacune d'elles, du solide formé par l'ensemble des deux poteaux.

Ceux-ci ont été représentés sur la figure, garnis l'un et l'autre de sept rangées doubles d'isolateurs, pour bien montrer que les fers passent librement et sans danger entre tous les fils.

Les entretoises sont en fer en U de 50 millimètres de largeur. On peut les avoir à très bon marché parce qu'elles sont faites avec des fers courants du commerce et que leur fabrication représente une main-d'œuvre réduite à sa plus simple expression.

L'accouplement de la *fig.* 5 convient à une ligne peu chargée, ou à une déviation faible si les poteaux sont chargés de fils.

On obtiendrait une plus grande stabilité en écartant les deux poteaux à $1^{m},40$ de distance, si le terrain s'y prête, et en réalisant l'assemblage de la *fig.* 6. Cet assemblage présente ceci d'intéressant qu'il est confectionné avec des entretoises inclinées de *même longueur* que celles de la figure précédente.

S'il est nécessaire, comme cela se présente dans le cas des lignes télégraphiques doubles, d'adjoindre une jambe de force aux deux premiers poteaux, on emploiera la disposition représentée par la *fig.* 7.

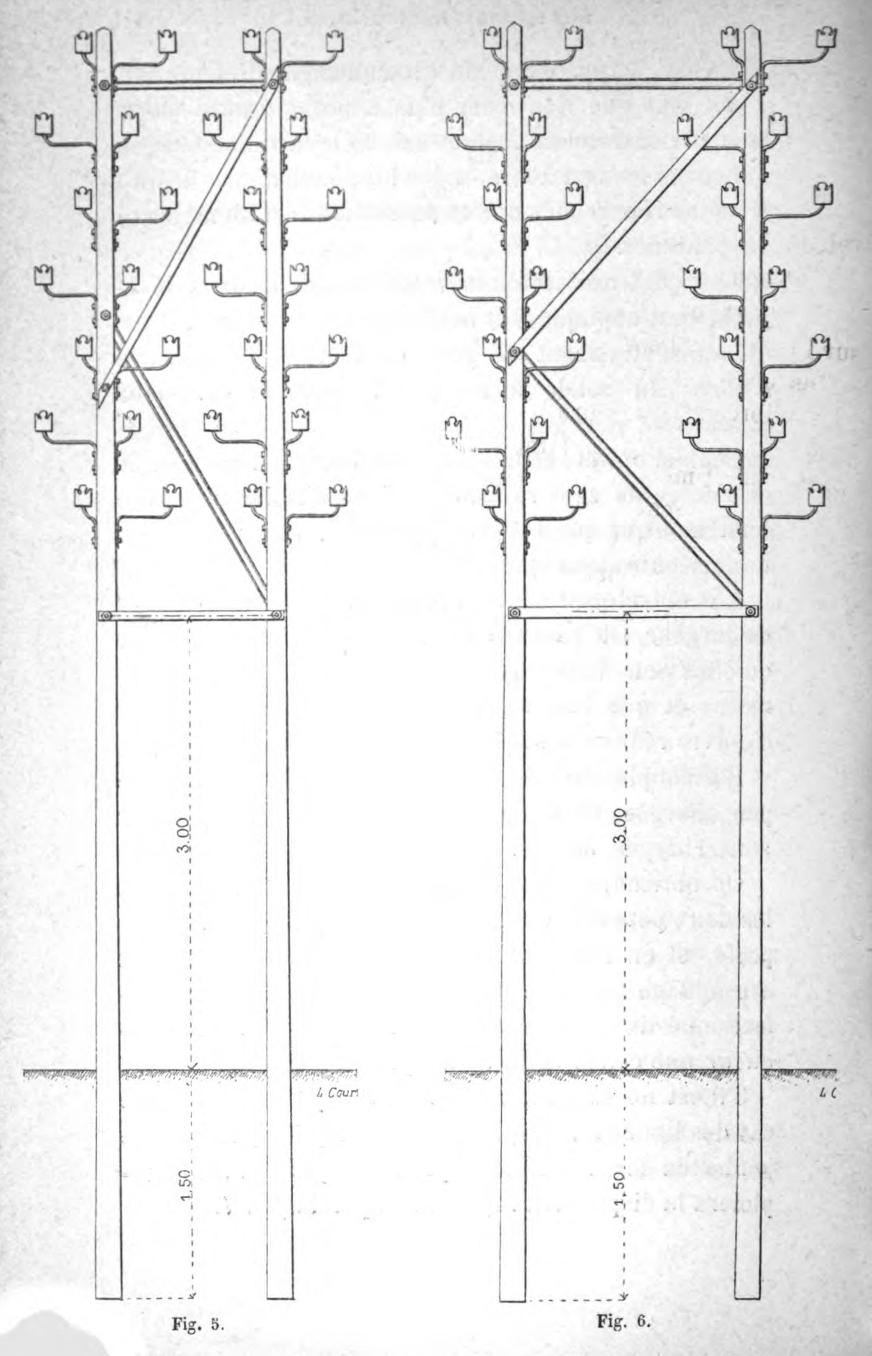


Fig. 5.

Fig. 6.

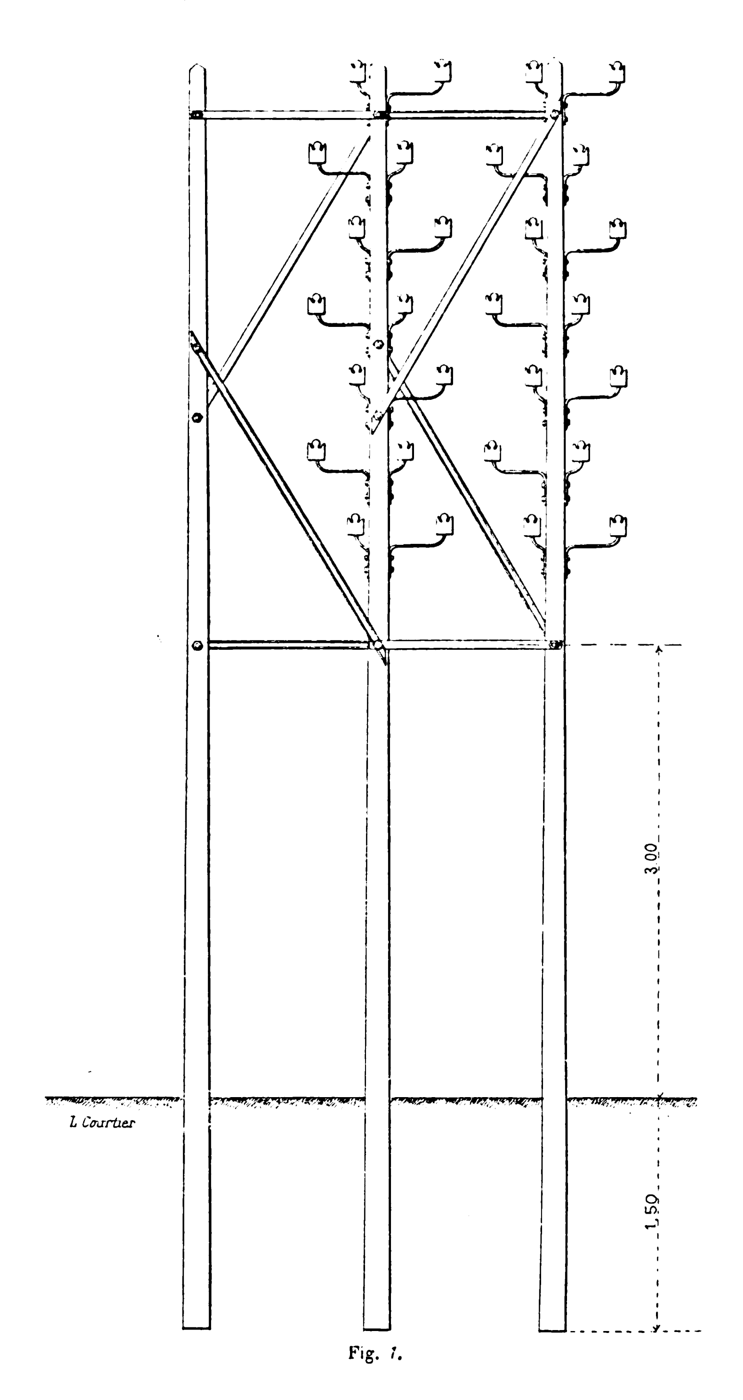


Fig. 1.

Les assemblages ainsi réalisés permettent de conserver, sans le moindre changement, l'uniformité d'armement admise pour la pose des fils.

Les ferrements employés peuvent être peints ou galvanisés, à volonté ; et ils sont d'un prix très modique. La main-d'œuvre pour la confection des accouplements est également économique, parce que ces assemblages peuvent être exécutés après la plantation des appuis.

Par suite, sur une ligne existante, un poteau peut être accouplé avec le poteau existant sans avoir à pratiquer aucun remaniement de la ligne.

Pendant la pose, si l'on veut rendre plus aisé le passage des fils, il est facile de déplacer telle ou telle entretoise, et de la reboulonner ensuite.

On voit enfin, sans qu'il soit nécessaire d'y insister, que les assemblages obtenus ainsi sont aussi rigides et résistants qu'ils peuvent l'être, les figures géométriques qui les composent étant indéformables.

M. Cailho.

INSTALLATION D'UN POSTE INTERMÉDIAIRE

SUR UN

CIRCUIT TÉLÉPHONIQUE INTERURBAIN

Les conditions que je me suis imposées pour la solution de ce problème, et qui me paraissent répondre aux besoins de l'exploitation, sont les suivantes :

1° Les appareils, avec leurs accessoires, installés dans le poste intermédiaire et aussi dans les autres postes, ne devront amener ni perturbations dans les communications ni affaiblissement dans l'audition téléphonique;

2° Le poste intermédiaire pourra rentrer sur la ligne. Il conservera, en outre, la faculté de couper le circuit en deux sections et de s'installer « en tête de ligne » sur chacune d'elles par une manœuvre courante et rapide de la téléphoniste;

3° Inversement un poste quelconque pourra, par une manœuvre simple et rapide au tableau de la téléphoniste, passer de la position de tête de ligne sur deux circuits ou deux sections de circuit à la position de poste intermédiaire;

4° Les montages seront réalisés, autant que possible, avec le matériel existant, et sans transformation sensible des installations actuelles.

La *fig.* 1, ci-jointe, donne, avec les appareils réduits

à leur plus simple expression, le principe du montage dans la position d'*attente* pour les trois postes.

C'est le même principe que celui qui m'a servi pour le système de télégraphie et téléphonie simultanées indiqué dans les *Annales* de juillet-août 1889 et décrit dans le numéro de janvier-février 1894.

Considérons d'abord le *poste intermédiaire*.

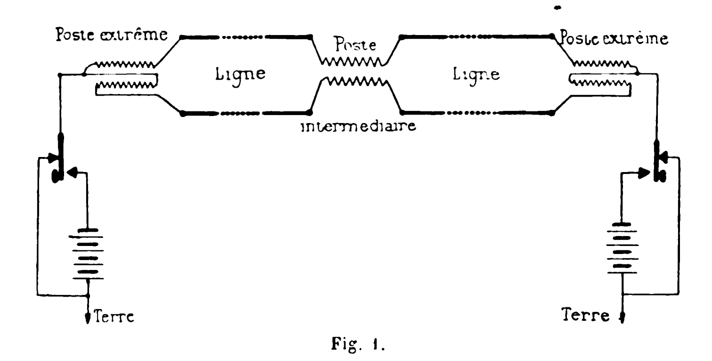


Fig. 1.

Dans ce bureau, les deux sections du circuit sont reliées par le moyen d'un électro à deux enroulements identiques. Les deux enroulements sont disposés d'une façon semblable sur chacun des deux fils de ligne, de telle sorte qu'un courant d'appel ordinaire, émanant de l'un des postes extrêmes et se propageant en circuit métallique, parcourra les deux fils de l'électro simultanément, mais en sens inverse par rapport à l'axe du solénoïde.

Cet électro-aimant demeurera donc au repos, le courant en question étant destiné à rappeler l'un des postes extrêmes.

Mais on voit aussi que tout courant électrique, continu ou variable, parcourant de même le circuit métallique, sera sans action électromagnétique sur la bobine

intercalée au poste intermédiaire. Celle-ci, et c'est là un fait très important, n'opposera donc aucun effet de self-induction à la propagation des courants téléphoniques.

D'autre part, le fil employé pour constituer les deux enroulements de la bobine, sera assez gros pour qu'il n'y ait sur chacun d'eux qu'une faible résistance.

Nous verrons plus loin qu'on peut facilement s'en tenir à une résistance de 15 ohms pour chaque enroulement.

Dans ces conditions, la self-induction de l'électro étant absolument nulle et sa résistance inappréciable par rapport à celle du circuit total, l'audition téléphonique entre les deux postes extrêmes ne sera pas sensiblement altérée du fait de l'embrochage de cette bobine spéciale dans le poste intermédiaire.

On n'en pourrait pas dire autant des relais polarisés, tels que le relais Ader, même à faible résistance, qui conservent une certaine self-induction, ni des rappels par inversion de courant qu'on laisse d'habitude en dérivation sur la ligne.

Pour rappeler le *poste intermédiaire*, les postes extrêmes disposent d'une clef qui, sans être d'une construction spéciale, est néanmoins montée de façon à émettre le courant d'appel sur les deux fils simultanément et dans le même sens. Les deux enroulements de la bobine intermédiaire sont alors parcourus par deux courants de même sens et dont les effets sur le noyau magnétique s'ajoutent : l'électro du poste intermédiaire est actionné, mais seulement celui-là et nous verrons ci-après comment les annonciateurs des postes extrêmes demeurent au repos.

La bobine intermédiaire est embrochée, comme l'in-

dique la *fig.* 2, sur un cordon double avec fiche. Quant aux deux sections de la ligne, normalement elles aboutissent chacune à un numéro du tableau commutateur du poste. Lorsqu'elles sont reliées directement, comme l'indique la *fig.* 1, c'est par le moyen du cordon double de la *fig.* 2, et alors les annonciateurs des deux sections se trouvent hors circuit comme dans toute liaison effectuée dans un commutateur ordinaire.

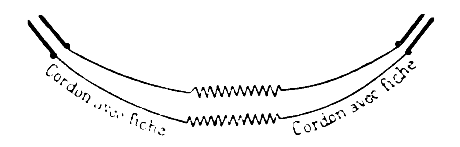


Fig. 2.

Pour appeler les postes extrêmes, le poste qui nous occupe n'a qu'à disjoindre les deux sections de la ligne en enlevant du circuit le cordon avec sa bobine embrochée. Nous verrons plus loin que sur ce cordon se trouve montée une clef d'écoute du modèle ordinaire au moyen de laquelle le poste intermédiaire s'assurera, avant de rompre la liaison des deux côtés de la ligne et seulement à ce moment là, que la ligne est libre. Le cordon étant enlevé, chacune des deux sections du circuit peut être traitée par *le bureau intermédiaire* comme un circuit téléphonique monté à la façon courante, et rappelée de même sans dispositif spécial : l'explication sera complétée ci-après.

Sa communication terminée, la téléphoniste remettra en service le cordon double dont nous avons parlé, de façon à rétablir la liaison indiquée sur la *fig.* 1.

On voit facilement sur la *fig.* 1 comment les *postes extrêmes* pourront être rappelés par l'un des deux

autres. Dans ces *postes extrêmes* on remarque, montée sur la ligne, une bobine à double enroulement. Ces deux enroulements sont, l'un par rapport à l'autre, semblables et de même résistance, comme il en était pour l'électro dont il vient d'être question, mais leur résistance individuelle est beaucoup plus élevée (300 ohms) : ils comportent un grand nombre de tours de fil, et ils sont associés entre eux de telle sorte que tout courant venant de la ligne et la parcourant en *métallique*, les traversent l'un et l'autre dans le même sens par rapport au noyau de l'électro-aimant. Par suite, un courant d'appel ordinaire émanant soit du poste intermédiaire soit de l'autre poste extrême actionnera cet électro. Celui-ci n'est autre qu'un annonciateur choisi parmi les annonciateurs en usage, dont on aura simplement modifié l'enroulement.

Je me hâte de faire observer que, comme pour le poste intermédiaire, cet électro n'est pas monté à demeure sur la ligne; mais bien sur un cordon avec fiche ordinaire, comme l'indique la *fig.* 3. En introduisant cette fiche dans le jack du circuit, la bobine se trouve tout installée sur la ligne, comme nous l'avons supposé sur la *fig.* 1, en même temps que l'annonciateur ordinaire du circuit considéré se trouve éliminé par le jeu normal des ressorts du jack.

Les *postes extrêmes* peuvent rappeler le poste intermédiaire, sans déranger l'autre poste extrême, au moyen d'une clef spéciale montée sur le cordon dont il vient d'être question.

La clef d'appel, que représente la *fig.* 3, est une clef double du modèle ordinaire, au lieu d'être une clef simple comme celle que représentait provisoirement la *fig.* 1. On y trouve cet avantage qu'à l'état de

repos la pile n'a pas besoin d'avoir un pôle à la terre; ce pôle est mis à la terre seulement par le jeu de la clef.

Par le jeu de la clef (que ce soit celle de la *fig.* 1, ou celle de la *fig.* 2) un courant est envoyé sur la ligne en se partageant par parties égales sur les deux fils du circuit. Les deux enroulements des électro des *postes extrêmes* sont parcourus par des courants égaux mais de sens contraire par rapport au sens de l'aimantation; par suite ces électros ne sont pas actionnés. L'électro du poste intermédiaire est, au contraire, excité comme

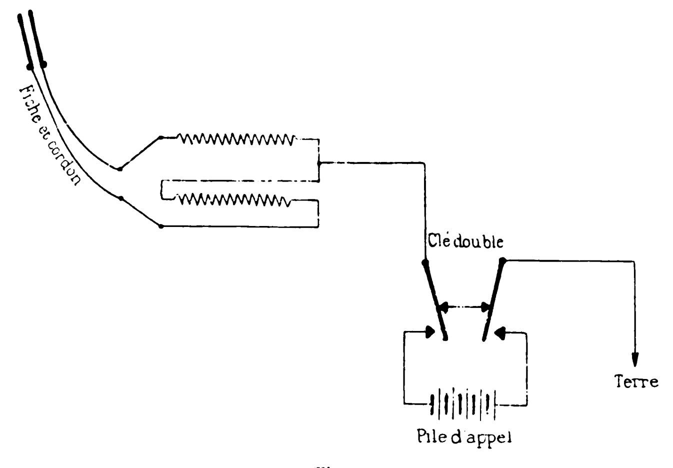


Fig. 3.

nous l'avons déjà vu. Je ferai seulement observer qu'il est facile d'arriver à une intensité suffisante pour actionner ce dernier : d'abord parce que la ligne composée des deux fils en quantité n'offre qu'une faible résistance, et ensuite parce que les effets des deux courants s'ajoutent dans l'électro intermédiaire.

J'ajoute que les postes extrêmes peuvent appeler, en même temps qu'ils écoutent, au moyen de leur téléphone d'opérateur placé en dérivation sur le cordon; car le récepteur de ce poste, ainsi disposé en pont de Wheatstone, ne recevra aucun courant appréciable émanant de la clef spéciale. La téléphoniste pourra formuler sa demande au poste intermédiaire dès que, répondant à l'appel, celui-ci apparaîtra sur la ligne; puis elle enlèvera la fiche avec cordon spécial pour employer une fiche avec cordon double ordinaire.

Remarquons enfin que de l'identité des deux enroulements de toutes les bobines en question il résulte ce fait que l'adjonction de ces électros ne troublera pas l'équilibre du circuit téléphonique en ce qui concerne la production des bruits parasites, ou, si l'on veut, que la friture n'en sera pas augmentée.

Lorsque toute communication est terminée les téléphonistes doivent reprendre l'emploi des fiches spéciales et réaliser les connexions que représente la *fig.* 1.

Nous allons voir comment on peut réaliser pratiquement, avec les appareils en usage, les dispositions figurées sur les croquis précédents.

Je rappelle d'abord, en renvoyant à la *fig.* 4 ci-jointe, le montage que l'on rencontre généralement sur les lignes interurbaines. Je me suis borné à figurer un montage symétrique, le seul compatible avec un bon fonctionnement des circuits interurbains; c'est, d'ailleurs, celui que l'on trouve dans les bureaux munis de tableaux du genre Standard. J'ai supposé sur la figure que chaque circuit était muni d'une clef d'appel spéciale, qui par sa position à l'entrée de la ligne permet d'appeler le correspondant pour n'importe quelle posi-

tion des appareils dans le poste. Cette clef n'est pas indispensable, mais elle évite de recourir aux clefs dont chaque cordon est muni. Le transformateur que l'on trouve dans les bureaux, est souvent encore de l'ancien modèle, avec une armature mobile formant

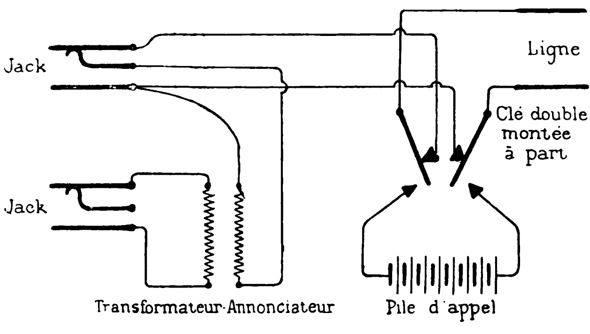


Fig. 4.

relais; cette disposition est assez compliquée, il est préférable d'employer comme transformateur un annonciateur à deux circuits.

La *fig.* 5 représente la réalisation pratique du dispositif pour les *postes extrêmes* au moyen des appareils Standard et de leurs accessoires. L'électro dont il a été question dans les explications ci-dessus, n'est autre qu'un électro tubulaire, employé généralement pour les signaux de fin de conversation, et de 600 ohms de résistance. Le fil de 600 ohms de cet annonciateur a simplement été partagé en deux longueurs égales de façon à réaliser deux enroulements semblables de 300 ohms chacun. Le croquis indique nettement le groupement et les connexions de ces deux fils.

La *fig.* 6 représente la disposition pratique pour ce qui concerne l'installation d'un *poste intermédiaire*.

L'électro prévu pour cette combinaison est comme précédemment un électro tubulaire, mais ici on est obligé de substituer aux fils généralement employés un fil de plus gros calibre. Avec du fil de 25/100 de millimètre recouvert de soie (le diamètre est mesuré sur le cuivre), on arrive facilement à enrouler sur la carcasse deux longueurs de 15 ohms de résistance.

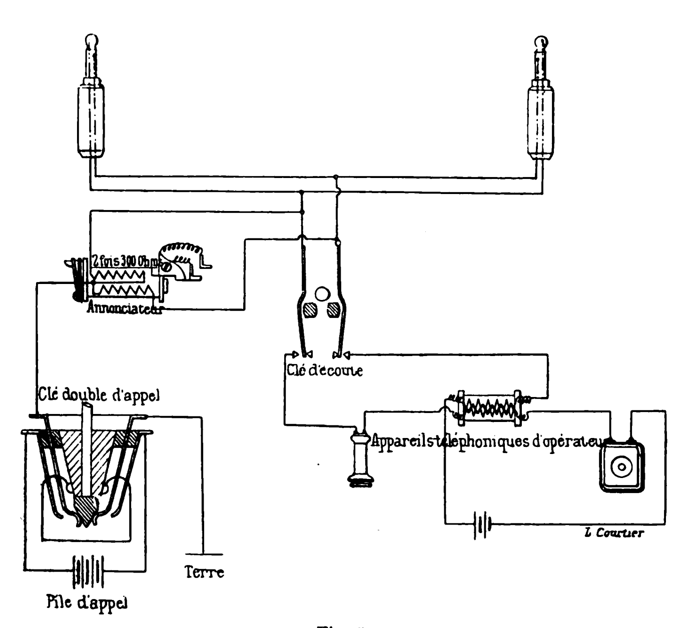


Fig. 5.

Avec le nombre de tours de fil que l'on obtient ainsi l'annonciateur est actionné franchement par les courants que l'on emploie d'ordinaire dans le service téléphonique. Il serait sans doute possible de diminuer encore cette résistance; mais celle que je viens d'indiquer me paraît suffisamment faible pour n'avoir pas d'effet sensible sur les transmissions.

Pour le service téléphonique il importe que ces deux enroulements soient semblables, tant au point de vue magnétique qu'au point de vue de la résistance, afin de ne pas détruire la symétrie des deux conducteurs de la ligne.

On remarquera sur la *fig.* 6 la clef d'écoute, dont

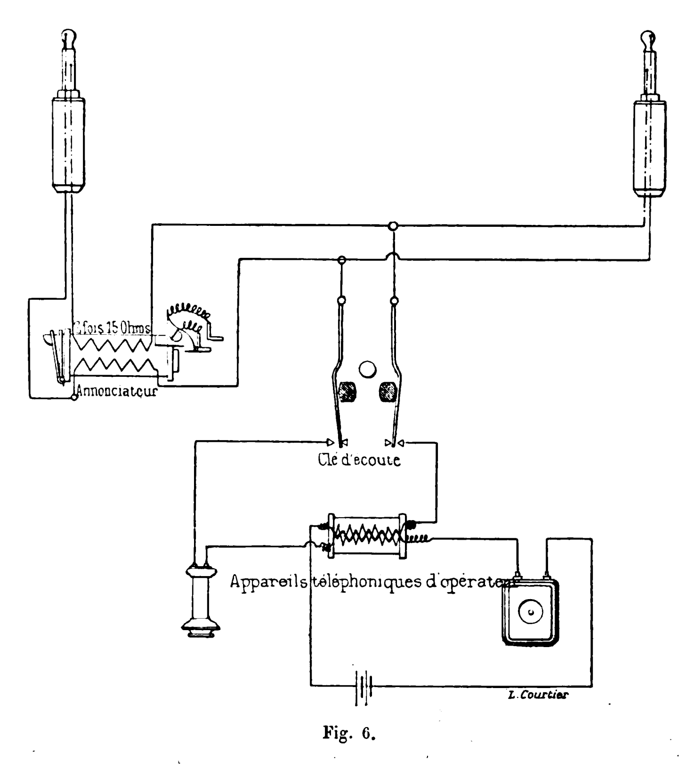


Fig. 6.

j'ai parlé au cours de la description ci-dessus, et qui permet au poste intermédiaire de s'assurer, avant de couper le circuit, que la ligne n'est pas occupée déjà. Dans la position de repos cette clef d'écoute est isolée. On pourrait intercaler entre le poste d'opérateur et

l'un des butoirs d'écoute une résistance avec self-induction élevée, si l'on craignait que la mise en dérivation de ce poste ne vînt produire par intermittences des oscillations dans l'intensité des sons transmis.

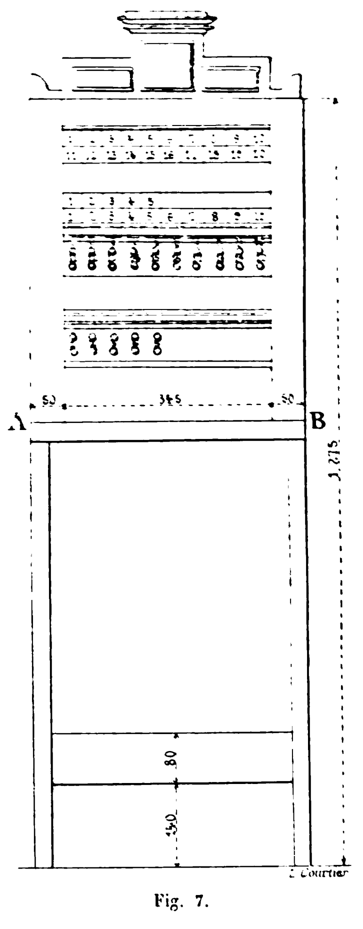


Fig. 7.

La *fig.* 7 représente la disposition d'ensemble de tous les appareils dont il vient d'être question, appliquée à un tableau Standard pour un petit réseau téléphonique (*). On y voit, tout d'abord, deux rangées de dix annonciateurs pour abonnés locaux, numérotés de 0 à 20. A ces vingt annonciateurs correspondent vingt jacks que l'on voit un peu plus bas sur deux rangées de dix.

Puis viennent cinq annonciateurs pour circuits interurbains; les cinq autres places de la même rangée demeurent disponibles et réservées

(*) En particulier, un appareil de l'espèce a été fabriqué sur mes indications par la Société de matériel téléphonique de Paris pour le réseau de Lunel, desservi par le circuit Cette-Nîmes.

en vue d'une extension ultérieure. A ces cinq numéros d'annonciateurs correspondent cinq paires de jacks qui ne sont autres que ceux qui ont été figurés schématiquement sur le croquis n° 4. Chaque circuit ou section de circuit, passant par le bureau, aboutit à l'un de ces groupes de jacks et annonciateurs, et le poste considéré les relie au moyen de ses cordons souples suivant le mode d'exploitation assigné à chacun d'eux.

Au-dessous des cinq annonciateurs affectés aux circuits interurbains on voit une dernière rangée de dix annonciateurs. Les six premiers, par exemple, sont des annonciateurs tubulaires disposés à la façon ordinaire comme électros de fin de conversation. Les fiches et cordons doubles correspondants, avec leurs clefs d'écoute, occupent les six premières places de gauche à droite, sur la *fig.* 8 qui donne le rabattement de la planchette horizontale AB du tableau.

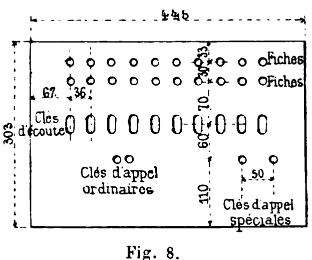


Fig. 8.

Des quatre autres annonciateurs de la dernière rangée deux, les numéros 7 et 8, sont disposés pour réaliser le montage de *poste intermédiaire;* les numéros 9 et 10 sont montés pour *postes extrêmes.* Les deux clefs d'appel spéciales sont affectées à ce dernier montage.

Comme on le voit, le tableau ainsi combiné permet de réaliser, suivant les besoins ou les accidents du service, le montage de poste extrême ou de poste intermédiaire, à volonté, sur un circuit quelconque ou un groupement accidentel des circuits.

Ce procédé, qui me semble préférable au système des rappels polarisés, réserve néanmoins la possibilité d'employer ce système concurremment avec lui s'il devenait nécessaire de desservir un quatrième poste. Il ne serait même pas impossible d'en desservir un cinquième en polarisant les électros intermédiaires des *fig.* 2 et 6.

M. Cailho.

NOTE

SUR DES

ESSAIS MÉCANIQUES D'ENTRETOISES ET CONSOLES

Les consoles, entretoises, supports et autres ferrures, utilisées par l'Administration des Postes et Télégraphes, doivent remplir certaines conditions de résistance mécanique qu'il convient de pouvoir contrôler facilement. C'est dans ce but que le service de la Vérification du matériel a fait installer un appareil de traction et quelques dispositifs spéciaux qu'il est peut-être intéressant de connaître.

Appareil de traction. — Un bâti vertical *b* reçoit à sa partie supérieure les extrémités de deux poutres horizontales PP′ en fer double T, scellées, d'autre part, dans un mur (*fig.* 1 et 2). Ces poutres sont encore soutenues par une solive transversale *s* qui est également scellée dans la maçonnerie et consolide l'ensemble en empêchant un renversement par côté.

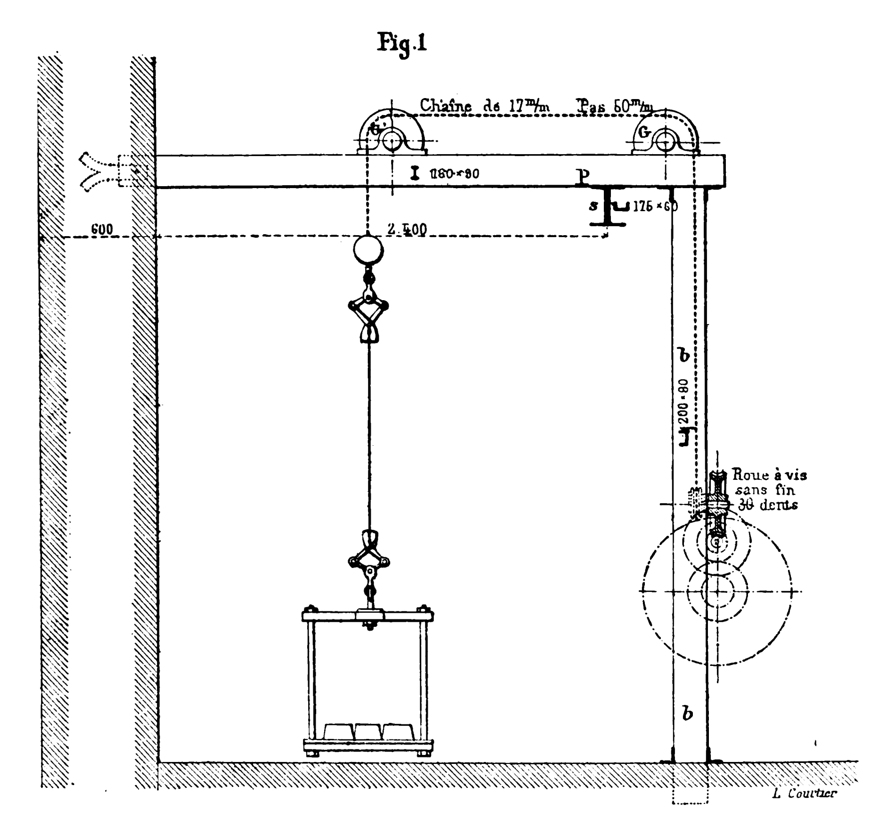
Sur le bâti se trouve un treuil à deux vitesses transmettant, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, un mouvement de rotation à la roue engrenant avec les maillons de la chaine.

Ce genre de treuil ne comporte ni cliquet de retenue, ni frein; et la descente ne pouvant être obtenue qu'en agissant sur les manivelles, on est ainsi à peu

près complètement à l'abri des accidents pouvant provenir d'une rupture dans l'appareil.

La chaîne à la sortie du galet d'entraînement passe

Fig.1



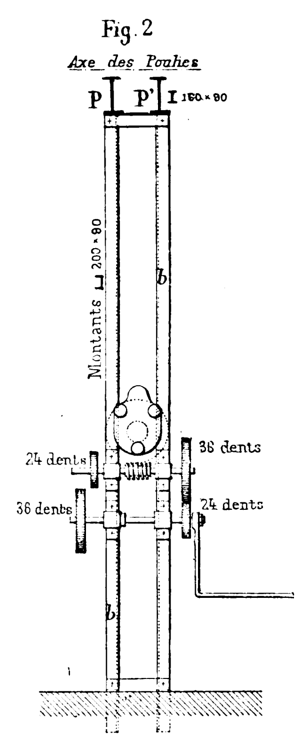
sur les poulies de renvoi GG′ et descend dans l'espace qui sépare les poutres PP′; elle se termine par un contrepoids d'équilibre et un crochet.

Nous terminerons la description sommaire de cette machine en disant que sa force maximum est de 3.000 kilogrammes.

Pour effectuer des essais de traction, on se sert de l'appareil dont il vient d'être parlé pour soulever par l'intermédiaire de l'objet à vérifier une certaine charge représentée par un plateau et des poids.

*
* *

La vérification de la résistance à la traction et de l'allongement des fils se fait d'ordinaire au moyen d'un dynamomètre système Falcot; néanmoins, il est des cas où il est utile de pouvoir soumettre les fils à la charge directe, ne serait-ce, par exemple, que pour contrôler les indications données par le dynamomètre.



Pour réaliser l'essai, on relie l'échantillon à vérifier au crochet de la chaîne et à celui du plateau au moyen de deux chiens de tréfilerie, puis on opère la traction (*fig.* 1).

Mais les essais de fils au plateau n'étant que l'exception, l'installation qui fait l'objet de ces notes sert surtout aux expériences sur les entretoises et les consoles.

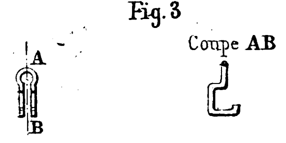
*
* *

Vérification des entretoises à collier. — Les entretoises à collier doivent supporter sans déformation, ni

flexion permanente, une tension donnée, appliquée à la naissance de la courbe des demi-colliers et exercée dans le sens de la longueur de la tige.

Cette épreuve a surtout pour but de s'assurer de la bonne confection de la soudure qui joint les colliers à la tige.

Pour donner de la rapidité aux essais, on a imaginé de réunir l'entretoise au crochet de la chaîne par une pièce métallique de forme spéciale dont les croquis (*fig.* 3) donnent les vues de face et d'élévation. C'est une sorte de crochet double qui laisse entre ses deux branches un écartement de 30 millimètres et que l'on suspend à l'extrémité de la chaîne du treuil.



Pour essayer une entretoise à double collier, on commence par enlever les demi-colliers mobiles, puis on accroche un des demi-colliers fixes sur les parties horizontales du crochet double en faisant passer la tige entre les deux branches (*fig.* 4). Le plateau est relié à l'autre collier à la naissance de la courbe; et un boulon laissé dans le trou voisin limite la longueur du bras de levier en empêchant tout glissement.

Fig. 4

Il suffit de comparer les flèches que présente le collier avant et après l'application de la charge pour voir s'il y a eu déformation.

Les deux extrémités de chacun des demi-colliers de l'entretoise sont ainsi vérifiés successivement.

*
* *

Pour une entretoise à un seul collier, l'expérience

est aussi simple que dans le cas précédent. Un écrou est vissé de quelques filets sur la tige taraudée; on passe celle-ci entre les branches du crochet double sur lesquelles l'écrou vient reposer (*fig.* 5).

Fig. 5

On remarquera que, dans les essais d'entretoises à collier, la force n'est pas appliquée tout à fait dans le sens de la longueur de l'entretoise. La valeur de l'expérience n'en est pas sensiblement altérée, si on tient compte de la grande longueur de la tige (1^{m},10 ou 1^{m},25) relativement à celle du bras de levier (0^{m},10) du demi-collier.

Vérification des consoles. — Les consoles étant fixées sur un banc d'épreuve doivent pouvoir supporter une tension donnée appliquée au milieu de la partie taraudée et dirigée en sens contraire des vis. Après suppression de l'effort, il ne doit y avoir aucune déformation permanente.

Le banc d'épreuve a été remplacé par une sorte de gros étau (*fig.* 6) de forme spéciale, mobile autour d'un axe horizontal dont la chape est constituée par deux fortes équerres boulonnées à 1^{m},50 environ du sol sur un madrier de chêne planté verticalement. Celui-ci fait face au bâti du treuil et est maintenu solidement par des brides scellées dans un mur.

Les consoles à essayer ayant des épaisseurs variables suivant les modèles, on a eu recours à un dispositif permettant de donner un écartement quelconque aux plans de serrage, tout en les maintenant parallèles.

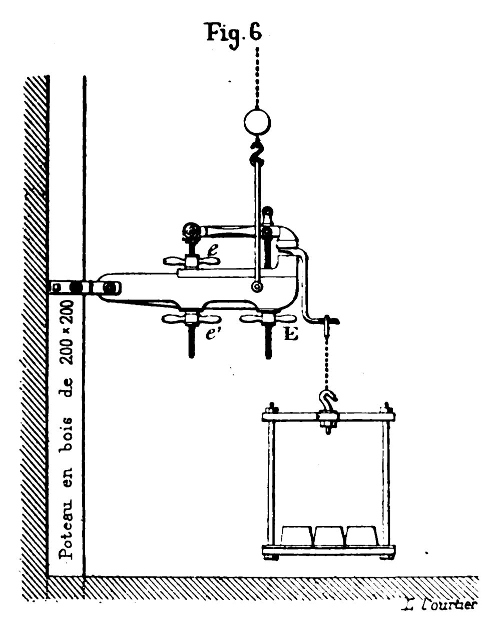
Ce résultat a été obtenu en articulant la mâchoire supérieure sur deux tiges filetées munies d'écrous à poignées. Celle d'arrière a deux écrous, l'un au-dessus

l'autre au-dessous de la mâchoire inférieure; celle d'avant n'en a qu'un seul au-dessous.

Pour ne pas exagérer le poids de l'appareil, la mâchoire inférieure est en bois; son bec seul est armé d'une forte plaque de fer; la mâchoire supérieure est entièrement métallique.

Le croquis (*fig.* 6) montre la disposition de l'étau;

Fig. 6



on voit qu'en tournant dans le sens approprié l'écrou *e*, on peut élever ou abaisser le point de rotation de la partie supérieure; lorsque la hauteur est jugée convenable pour que, la pièce à vérifier étant pincée entre les extrémités des mâchoires, les plans de serrage soient parallèles, on visse l'écrou *e'* jusqu'à refus, ce qui empêche tout déréglage de *e*.

La liaison entre le crochet de la chaîne et l'étau se

fait au moyen d'un étrier mobile autour d'un axe fixé près de l'extrémité antérieure de la mâchoire inférieure.

Pour faire un essai, on commence par appuyer le plat de la console sur un plan et l'on mesure la distance qui existe entre ce plan et l'extrémité de la partie taraudée. Cet écartement étant noté, on introduit la console dans l'étau, puis on serre fortement l'écrou E.

Le milieu de la partie taraudée est relié au moyen d'un bout de chaîne et de crochets au plateau.

Pour que l'expérience soit conduite dans de bonnes conditions, il y a deux précautions à prendre :

1° Choisir la longueur de la petite chaîne de façon que la mâchoire soit horizontale au moment où la traction commence à s'exercer ;

2° Encastrer convenablement la console pour déterminer d'une manière exacte la longueur du bras de levier sur lequel agira la force.

En donnant quelques tours de manivelle, on soulève la mâchoire et, par l'intermédiaire de la console, le plateau.

Au bout d'un instant, on fait descendre, puis on retire la pièce de l'étau. En mesurant comme il a été dit plus haut l'écartement, on obtient par différence avec le premier chiffre la valeur de la déformation.

*
* *

Nous venons de décrire les opérations les plus usuelles; mais il est évident que l'installation dont il vient d'être question permet de réaliser toutes sortes d'expériences de traction, de flexion et d'allongement.

MUTEL.

NOTE

SUR LES COURANTS PÉRIODIQUES

ET LES TRANSFORMATEURS

M. Vaschy, dans son étude des courants périodiques (*Traité d'électricité et de magnétisme*, t. II, p. 93), introduit le symbole $a_0 + a_1 \frac{d}{dt}$, qui donne lieu à des calculs analogues à celui des imaginaires ; il suffit alors de traiter le symbole $\frac{d}{dt}$ comme l'imaginaire $m\sqrt{-1}$, le coefficient m étant lié à la période τ par la relation

$$\tau = \frac{2\pi}{m}.$$

Cette méthode de calcul est équivalente à un calcul fait directement sur les imaginaires ; on a, en effet, par exemple :

$$\frac{d^2}{dt^2} e^{mt\sqrt{-1}} = -m^2 e^{mt\sqrt{-1}},$$

$$\frac{d^3}{dt^3} e^{mt\sqrt{-1}} = -m^2 \frac{d}{dt} e^{mt\sqrt{-1}}, \dots$$

de sorte que toutes les dérivées successives s'expriment en fonction de $e^{mt\sqrt{-1}}$ et de sa dérivée première.

Or, on peut ramener les calculs relatifs à la fonction $A \sin mt$ aux calculs relatifs à l'imaginaire $A e^{mt\sqrt{-1}}$. Il suffit de considérer simultanément la fonction

$A \cos mt\sqrt{-1}$ et d'effectuer les calculs sur la combinaison $A(\cos mt + \sqrt{-1} \sin mt) = Ae^{mt\sqrt{-1}}$. Les équations que l'on obtient ainsi se décomposent en deux autres, quand on envisage séparément les termes réels et les termes imaginaires, et grâce au caractère linéaire des équations différentielles, ces deux équations coïncident avec celles qu'on aurait obtenues directement à l'égard de $A \sin mt$ et de $A \cos mt$, respectivement.

On peut dire encore que les équations étant écrites relativement à la fonction $A \sin mt$, devront encore être vérifiées quand t aura la valeur t' telle que l'on ait :

$$\sin mt' = \cos mt,$$

ce qui détermine les valeurs de t' convenables. Il résulte de là qu'à toute équation en sinus correspond une équation en cosinus. Ce procédé revient à celui d'Hopkinson faisant successivement $mt = 0$ et $mt = \frac{\pi}{2}$ dans les équations obtenues. En ajoutant à la seconde relation la première multipliée par $\sqrt{-1}$, on a une relation qui, dans la représentation géométrique des imaginaires, équivaut à une relation vectorielle. Inversement si l'on a construit le polygone fermé représentant cette relation, il suffit de projeter sur deux axes rectangulaires les divers vecteurs qui constituent ce polygone pour retrouver les deux relations d'où l'on était parti.

Nous voyons donc ainsi que la méthode de M. Vaschy se rattache étroitement aux imaginaires et que celles-ci, étant susceptibles d'une représentation géométrique, nous font retomber sur la méthode graphique de M. Blakesley.

Bien que cet auteur ait pris soin de rendre sa méthode de figuration géométrique indépendante des développements analytiques, il pourra y avoir avantage, dans certains cas, à ne la considérer que comme une simple représentation de l'analyse.

Voici, par exemple, dans ce cas, l'interprétation des équations connues relatives à l'induction de deux circuits parcourus par des courants périodiques, le secondaire possédant simplement résistance et self-induction. Les équations sont les suivantes :

$$M \frac{dI'}{dt} + L \frac{dI}{dt} + RI - E = 0, \tag{1}$$

$$M \frac{dI}{dt} + L' \frac{dI'}{dt} + R'I' = 0. \tag{2}$$

Si l'on a

$$E = \varepsilon e^{mt\sqrt{-1}},$$

on pourra poser :

$$I = i\, e^{(mt+\varphi_1)\sqrt{-1}},$$
$$I' = i' e^{(mt-\varphi_2)\sqrt{-1}},$$

et nous représenterons E, I et I′ par les vecteurs correspondants. Quand t varie, ces vecteurs de module invariable tournent autour de l'origine avec la même vitesse angulaire. Il suffit de les considérer à l'époque $t = 0$; cela revient à faire $e^{mt\sqrt{-1}} = 1$; ou encore, en reportant dans les équations (1) et (2) les expressions ci-dessus, $e^{mt\sqrt{-1}}$ peut être supprimé comme facteur commun. Nous avons ainsi, en vertu de l'équation (2):

$$Mm\sqrt{-1}\, I + L'm\sqrt{-1}\, I' + R'I' = 0.$$

Cette équation sera représentée par le diagramme OAB.

OAB est un triangle rectangle en A où l'on a :

$$OA = R'i',$$
$$AB = L'mi',$$
$$BO = Mmi.$$

L'équation (1) devient de même :

$$E = RI + Lm\sqrt{-1}I + Mm\sqrt{-1}I'.$$

Elle est représentée par le diagramme OCDF.

Dans le quadrilatère OCDF on a :

$$OC = Mmi',$$
$$CD = Ri,$$
$$DF = Lmi,$$
$$OF = E;$$

de plus, OC est perpendiculaire sur OA; CD est perpendiculaire sur OB.

Supposons que l'on se donne OF $= \varepsilon$, il est facile de construire le point C et par suite toutes les lignes du diagramme.

En effet, soit α l'angle DGF, on a :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Lm}{R}.$$

Soit β l'angle AOB, on a :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L'm}{R'}.$$

De plus, l'angle formé avec OC par la droite GCD est égal à β. Donc l'angle FCO est égal à $\pi - \alpha - \beta$. Nous savons donc déjà par là que le point C se trouve sur le segment capable de l'angle $\pi - \alpha - \beta$ décrit sur la corde OF.

Nous allons trouver un autre lieu géométrique auquel appartient le point C; ce qui achèvera de déter-

miner sa position. Le triangle OGC, rectangle en G, est semblable au triangle BAO et l'on a :

$$\frac{OC}{OB} = \frac{i'}{i},$$

On a aussi :

$$OC = Mmi'; \quad OB = \sqrt{R'^2 + L'^2 m^2} \cdot i';$$

d'où :

$$OC = \frac{OC^2}{OC} = \frac{M^2 m^2 i'^2}{\frac{i'}{i} \sqrt{R'^2 + L'^2 m^2} \cdot i'} = \frac{M^2 m^2 i}{\sqrt{R'^2 + L'^2 m^2}}.$$

D'autre part, le triangle rectangle FDC donne la relation :

$$FC = \sqrt{R^2 + L^2 m^2} \cdot i.$$

On a, par suite :

$$\frac{OC}{FC} = \frac{M^2 m^2}{\sqrt{R^2 + L^2 m^2}\sqrt{R'^2 + L'^2 m^2}}$$

Le rapport $\frac{OC}{FC}$ est donc connu ; or, le lieu des points C, tels que le rapport de leurs distances à deux points fixes F et O soit un nombre donné, est une circonférence que la géométrie élémentaire apprend à construire. Le point C est ainsi déterminé par l'intersection de deux circonférences connues.

Une fois le point C obtenu, la direction de la droite GCD est fixée, puisqu'on connaît les angles α et β. Le reste du diagramme est ensuite facile à construire.

Je vais maintenant dire un mot des relations qui existent entre les coefficients d'induction, les flux magnétiques et la réluctance.

Supposons d'abord qu'il n'y ait pas de dispersion magnétique. Soit Φ le flux magnétique qui traverse à la fois les deux enroulements, soit $\mathcal{R}$ la réluctance du circuit magnétique, n et n' le nombre des spires des deux enroulements; on aura :

$$\mathcal{R}\Phi = 4\pi(nI + n'I'). \tag{3}$$

D'autre part, la force électro-motrice induite dans le premier circuit est $-L\frac{dI}{dt} - M\frac{dI'}{dt}$; elle est égale aussi à $-n\frac{d\Phi}{dt}$, on en déduit aisément que l'on a :

$$M = 4\pi\frac{nn'}{\mathcal{R}}, \quad L = 4\pi\frac{n^2}{\mathcal{R}}.$$

On aurait de même :

$$L' = 4\pi\frac{n'^2}{\mathcal{R}}.$$

L'équation (3) considérée comme une équation vectorielle, peut être traité par les principes précédents et donnera la valeur et la phase de Φ.

Supposons maintenant qu'il y ait de la dispersion magnétique :

Soit alors Φ' la valeur du flux traversant seulement le circuit primaire, la présence de ce flux donne lieu à une self-induction l (Cf. Loppé, *Transformateurs*) et l'on a :

$$n\frac{d\Phi'}{dt} = l\frac{dI}{dt}.$$

Il y a de même un flux Φ'' qui traverse le circuit secondaire seulement et qui donne lieu à une self-induction l'.

Si l'on a eu soin de faire rentrer l et l' dans L et dans L′, on a tenu compte de la *dispersion magnétique.*

Je voudrais maintenant essayer de tenir compte de l'hystérésis.

Je prends deux axes rectangulaires et je porte en abscisse la force magnétisante, en ordonnée le flux d'induction. Le point figuratif décrit la courbe AA′. J'imagine, comme première approximation, que la courbe soit remplacée par une ellipse de même surface inscrite dans le même rectangle ABA′B′ formé par les abscisses et les ordonnées extrêmes. Dans ce cas, la perte d'énergie représentée par la surface de la courbe, conserverait la même valeur; les valeurs maximum du flux seraient aussi les mêmes qu'en réalité. Le flux varierait alors harmoniquement avec la force magnétisante, mais il y aurait entre ces deux quantités une différence de phase χ. Il suffirait donc de figurer les forces électromotrices d'induction par des vecteurs ayant, avec les vecteurs déjà introduits, la différence de phase ainsi calculée.

J.-B. Pomey.

RELATION

ENTRE

L'ÉTUDE GRAPHIQUE DES COURANTS ALTERNATIFS

ET LA REPRÉSENTATION DES IMAGINAIRES

PAR LA MÉTHODE D'ARGAND

Il est remarquable que l'étude graphique des courants alternatifs ramène constamment la considération de lieux géométriques qui sont des circonférences. On peut facilement se rendre compte de cette particularité. Les diverses quantités périodiques à considérer peuvent être représentées par des vecteurs; ceux-ci figurent des quantités imaginaires, d'après la méthode d'Argand ordinairement employée.

Nous allons nous placer à ce point de vue et nous commencerons par rappeler quelques propriétés bien connues de ce mode de figuration.

Considérons l'équation :

$$z = a + bt.$$

Si a et b sont des quantités imaginaires et t un paramètre variable réel, l'affixe du point z, quand t variera, décrira une ligne droite. Cette ligne est menée par l'extrémité du vecteur $z_0 = a$ parallèlement au vecteur $z_1 = b$.

Supposons toujours que z est défini par l'expression

ci-dessus et envisageons l'équation :

$$u = \frac{c}{z}$$

cette équation sera équivalente aux deux équations :

$$\text{mod. } u = \text{mod. } c : \text{mod } z$$
$$\text{arg. } u = \text{arg. } c - \text{arg. } z.$$

Le lieu géométrique de l'affixe de u sera un cercle, d'après une propriété bien connue des figures inverses. En effet, si je porte mod. u à partir de l'origine sur le vecteur z, l'équation

$$\text{mod } u \text{ mod. } z = \text{mod. } c$$

montre que l'extrémité de mod. u sera une circonférence de cercle, passant par l'origine tangentiellement au vecteur $z_1 = b$.

D'autre part, l'équation

$$\frac{\text{arg. } u + \text{arg. } z}{2} = \frac{1}{2} \text{ arg. } c$$

montre que, pour avoir le lieu géométrique de l'affixe du point u, il suffit de faire tourner le cercle ainsi obtenu autour de l'origine, de manière à lui faire prendre une nouvelle position symétrique de la première par rapport au rayon vecteur dont l'argument est $\frac{1}{2}$ arg. c.

Enfin, si nous conservons à u la même signification et que nous considérions le vecteur

$$v = u + d,$$

le lieu de l'affixe de v est le cercle décrit par l'affixe de u transporté parallèlement à lui-même d'une quantité égale à d en sens, grandeur et direction.

Ainsi donc l'affixe du vecteur,

$$v = d + \frac{c}{a + bt},$$

décrit un cercle quand t varie.

Il en est de même de l'affixe de

$$v = \frac{m + nt}{a + bt} = \frac{n}{b} + \frac{mb - na}{b(a + bt)},$$

car il suffit pour identifier avec l'expression précédente de poser :

$$\frac{n}{b} = d \quad \text{et} \quad \frac{mb - na}{b} = c.$$

Ces préliminaires vont nous permettre d'interpréter très simplement les diagrammes donnés par MM. Steinmetz, Bedell et Crehore.

Considérons donc les équations bien connues du transformateur :

$$E = R I + L \frac{dI}{dt} + M \frac{dI'}{dt}$$
$$0 = R' I' + L' \frac{dI'}{dt} + M \frac{dI}{dt}.$$

D'après les considérations que nous avons exposées dans une précédente note, nous poserons :

$$\frac{dI}{dt} = \omega \sqrt{-1}\, I \qquad \frac{dI'}{dt} = \omega \sqrt{-1}\, I'.$$

Les équations précédentes deviennent :

$$E = (R + \omega L \sqrt{-1}) I + \omega M \sqrt{-1}\, I'$$
$$0 = (R' + \omega L' \sqrt{-1}) I' + \omega M \sqrt{-1}\, I.$$

Si nous supposons que les deux circuits possèdent non seulement de la self induction, mais encore des condensateurs embrochés, nous devrons dans les

équations précédentes remplacer ωL et $\omega L'$ par $\omega L - \frac{1}{C\omega}$ et par $\omega L' - \frac{1}{C'\omega}$, et, dans ces conditions, ces nouveaux paramètres seront susceptibles de prendre des valeurs négatives. Si donc je pose

$$\omega l = \omega L - \frac{1}{C\omega}$$

$$\omega l' = \omega L' - \frac{1}{C'\omega}$$

j'aurai, en résolvant,

$$I = \frac{E(R' + \omega l' \sqrt{-1})}{(R + \omega l \sqrt{-1})(R' + \omega l' \sqrt{-1}) + \omega^2 M^2}.$$

Comme chacune des quantités R, R', l, l' et M^2 figure linéairement au numérateur et au dénominateur de cette fraction rationnelle représentant le courant primaire, il résulte du théorème ci-dessus exposé relativement aux imaginaires, que le lieu de l'affixe de I, quand on se contentera de faire varier l'une de ces quantités individuellement, sera une circonférence de cercle. On obtient pour I', en ce qui concerne R, R', l et l', des conclusions analogues. Telle est l'interprétation que nous proposons pour les diagrammes bien connus de MM. Steinmetz, Bedell et Crehore.

J.-B. Pomey.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME XXIII. — ANNÉE 1897.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

Numéro de Mai-Juin.

Numéro de Juillet-Août.

Numéro de Septembre-Octobre.

Numéro de Novembre-Décembre.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE
DES MATIÈRES.

TOME XXIII. — ANNÉE 1897.

R

S

T

FIN DES TABLES.

PARIS. — IMP. E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.





